

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
институт

Автомобильных дорог и городских сооружений
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В.В. Серватинский
подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 20 ____ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

08.03.01– «Строительство»

08.03.01.00.15 – «Автомобильные дороги»

Проектирование участка дороги в горных условиях
тема

Руководитель	_____	<u>доцент, канд.техн.наук</u>	<u>Т.В. Гавриленко</u>
	подпись, дата	должность, учетная степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>Р.Ю. Торшин</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>Т.А. Фёдорова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Автомобильные дороги и городские сооружения»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.В. Серватинский
« ____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме _____ **бакалаврской работы** _____

(бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту Торшину Роману Юрьевичу

(фамилия, имя, отчество студента(ки))

Группа ДС12-11 Направление (специальность) 08.03.01

(код)

строительство

(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: «Проектирование участка дороги в горных условиях».

Утверждена приказом по университету № 7065/с от 25 мая 2016

Руководитель ВКР Т.В. Гавриленко, доцент кафедры АД и ГС, к.т.н.

(инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Исходные данные для ВКР: Район проектирования Ермаковский район;

инженерно-геологические условия – грунты: песок средней крупности,

известняк; глубина сезонного промерзания принимается равной 1,8 м;

интенсивность движения – 315 авт./сут; исходная интенсивность: легковые –

154,35 авт/сут, грузовые авт. до 2т – 56,7 авт/сут, грузовые от 2 до 6т –

31,5авт/сут, грузовые авт. от 6 до 8т – 25,2авт/сут, грузовые авт. от 8 до 14т –

25,2авт/сут, автопоезда до 12т – 22,05авт/сут.

Перечень разделов ВКР: Анализ исходных данных, проектирование трассы, продольный профиль, поперечный профиль, дорожные одежды, экономическая часть.

Перечень графического материала: 1- План трассы, 2- Продольный профиль, 3-Поперечные профили, 4-Дорожные одежды, 5- Серпантина.

Консультанты по разделам:

Руководитель ВКР

(подпись)

Т.В. Гавриленко

(инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

(инициалы и фамилия студента)

« ____ » _____ 20__ г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Природные условия района проектирования.....	7
1.1 Климат	7
1.2 Рельеф.....	11
1.3 Растительность и почвы	11
1.4 Инженерно-геологические условия	12
1.5 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов.....	12
2 Обоснование технических нормативов дороги	13
2.1 Определение категории дороги	13
2.2 Основные технические показатели автомобильной дороги.....	15
3 Описание трассы	16
4 Продольный профиль	17
4.1 Определение отметок рельефа.....	17
4.2 Обоснование руководящих отметок	17
4.2.1 Руководящая отметка для I типа местности	17
4.2.2 Руководящая отметка для II типа местности	18
4.3 Назначение контрольных точек для проектной линии продольного профиля	19
4.4 Описание проектной линии	20
5 Поперечные профили земляного полотна	22
6 Расчет дорожных одежд	23
6.1 Определение расчетной нагрузки	23
6.2 Расчет первого варианта дорожной одежды	25

6.2.1 Конструирование первого варианта	25
6.2.2 Расчет по критерию упругого прогиба.....	27
6.2.3 Расчет на растяжение при изгибе.....	28
6.2.4 Расчет на сопротивление сдвигу	31
6.2.5 Расчет на морозоустойчивость.....	33
6.3 Расчет второго варианта дорожной одежды	34
6.3.1 Конструирование второго варианта.....	34
6.3.2 Расчет по критерию упругого прогиба.....	35
6.3.3 Расчет на растяжение при изгибе.....	37
6.3.4 Расчет на сопротивление сдвигу	37
6.3.5 Расчет на морозоустойчивость.....	42
6.4 Сравнение вариантов дорожной одежды	43
7 Решение вопросов водоотвода.....	44
7.1 Система поверхностного водоотвода. Параметры кюветов.....	44
8 Проектирование серпантинной на ПК 18+24	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ В	61

ВВЕДЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе запроектирован участок автомобильной дороги в горных условиях IV категории длиной 3914 метров в Ермаковском районе Красноярского края, с использованием таких инженерных сооружений, как серпантины.

При проложении автомобильных дорог в местности, имеющей очень сложный рельеф, серпантины позволяют уменьшить продольный уклон до допустимого значения.

Таким образом, запроектированный в Ермаковском районе, участок автомобильной дороги с использованием серпантин, является решением проблемы превышения допустимых продольных уклонов.

1 Природные условия района проектирования

1.1 Климат

Климатическая характеристика района изысканий приводится по данным метеорологической станции Оленья Речка и СП 131.13330.2012 Строительная климатология [1]. Дорожно-климатическая зона – III (зона значительного увлажнения летом и осенью в отдельные годы).

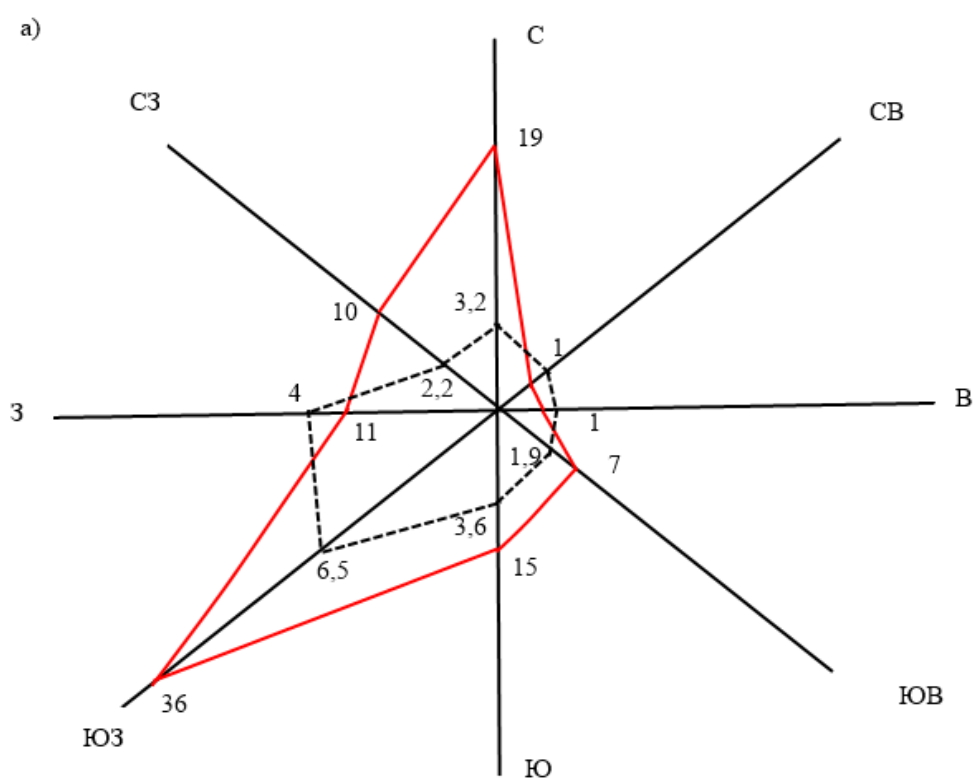
Климат района проектирования – резко континентальный. Зима холодная и продолжительная, лето – жаркое и короткое. За год в среднем выпадает порядка 500 мм атмосферных осадков.

Таблица 1.1 – Ведомость климатических показателей

Показатель		Ед. изм.	Величина
Абсолютная температура воздуха	Мин.	°С	–50
	Макс.	°С	+38
Средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью	0,98	°С	–41
	0,92	°С	–40
Преобладающее направление ветра за	декабрь-февраль		-
	июнь-август		-
Максимальное из средних скоростей ветра по румбам за январь		м/с	1,5
Минимальное из средних скоростей ветра по румбам за июль		м/с	0
Среднемесячная относительная влажность воздуха наиболее	холодного месяца	%	79
	теплого месяца	%	51
Количество осадков за	ноябрь-март	мм	40
	апрель-октябрь	мм	282
Расчетная толщина снежного покрова обеспеченностью 5%		м	0,5
Расчетная глубина промерзания грунтов		м	2,9

Таблица 1.2 – Повторяемость и средняя скорость ветра по румбам

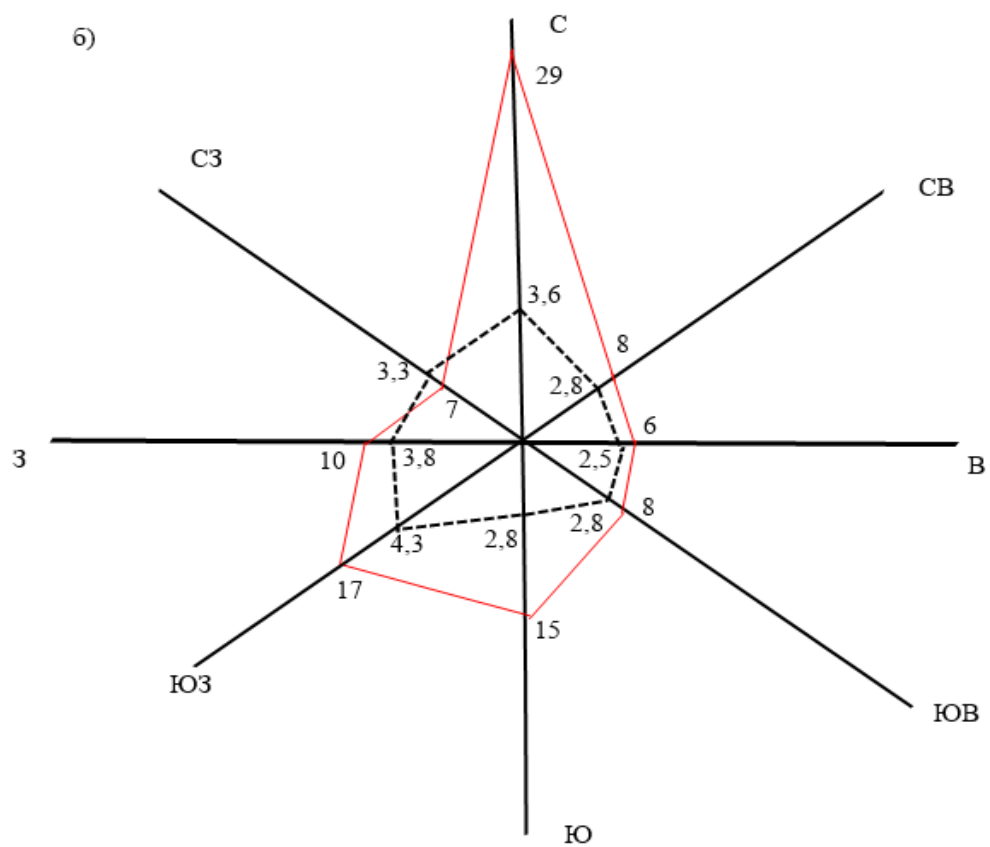
Месяц	Январь								Июль							
Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	19	1	1	7	15	36	11	10	29	8	6	8	15	17	10	7
Средняя скорость, м/с	3,2	1,1	1,3	1,9	3,6	6,5	4	2,2	3,6	2,8	2,5	2,8	2,8	4,3	3,8	3



--- – средняя скорость ветра, м/с;

— — повторяемость, %.

Рисунок 1.1 – Розы ветров - январь



--- – средняя скорость ветра, м/с;

— – повторяемость, %.

Рисунок 1.2 – Розы ветров - июль

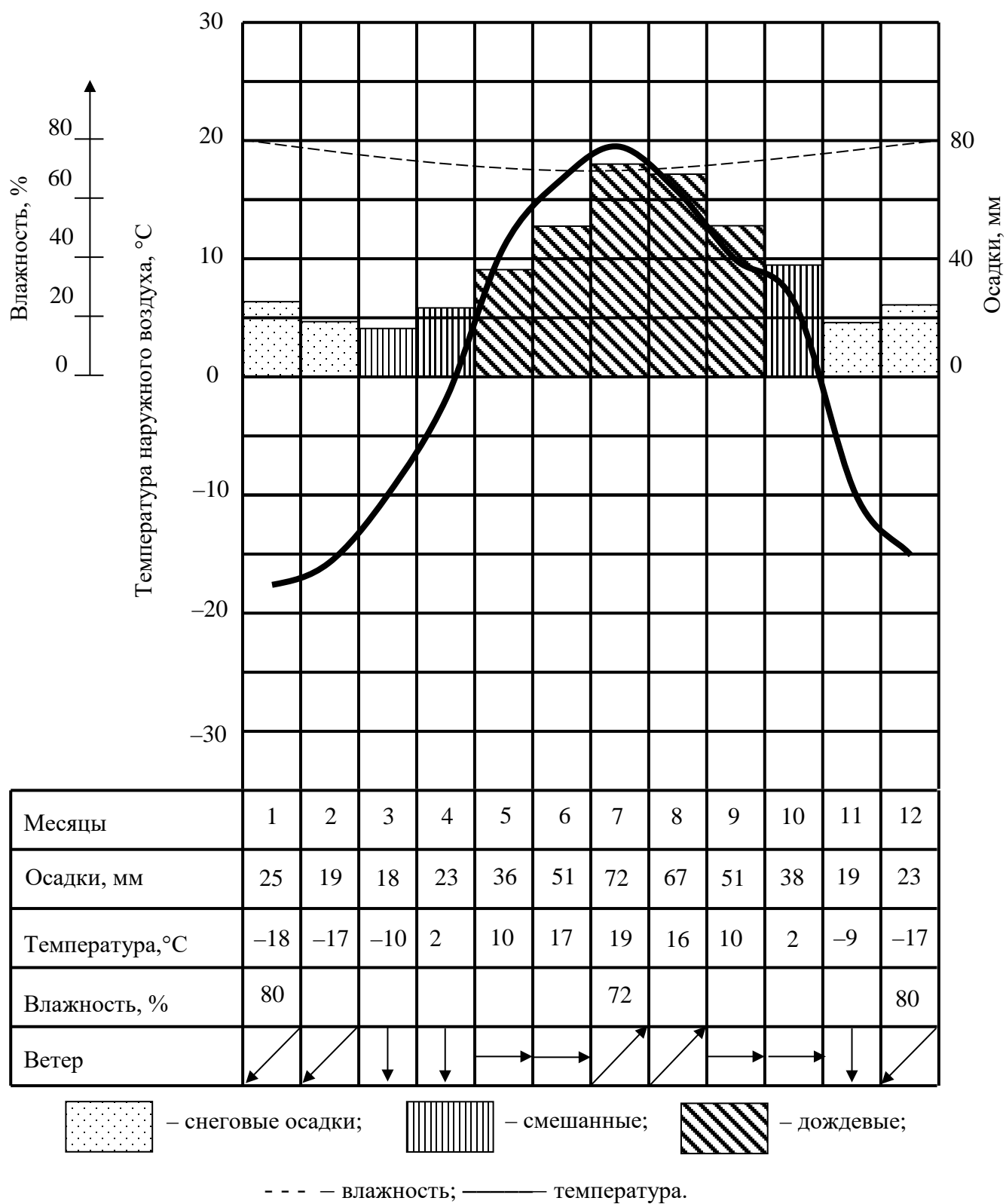


Рисунок 1.3 – Дорожный климатический график

1.2 Рельеф

Район проектирования расположен на юге Красноярского края, в бассейне рек Ус и Оя – правых притоков реки Енисей. Рельеф имеет разнообразные формы и сложное геологическое строение. Северная часть района имеет высоту от 200 до 400м над уровнем моря, характеризуется небольшой расчлененностью; в центральной части преобладает холмисто-увалистый или мелкосопочный рельеф. Южная часть – высокие горные хребты Саян – Кулумыс, Ойский, Араданский, Куртушибинский, Ергаки, Мирской, Метугул-Тайга и другие. Их средняя высота 1000-1500 метров. Высшая точка района (около 2600 метров) находится на левом берегу Енисея, на отрогах Осевого Саянского хребта [2].

1.3 Растительность и почвы

В районе проектирования имеются природные зоны: степи и лесостепи равнинных территорий и природные зоны горных районов. Лесостепи представляют собой березовые и березово-сосновые леса с широким распространением лугово-степной растительности. Характер растительности меняется в зависимости от климатических и почвенных условий. Леса на территории района составляют 80 % площади и приурочены к Саянам. На территории гор представлены следующие высотные пояса: степной, лесостепной, черневой, таежный, субальпийский, альпийский. К основным сообществам относятся черневые леса-кедровники, пихтарники; таежные леса – кедровники, редколесья; кустарниковая растительность; тундры – кустарниковые, моховые и лишайниковые, луга субальпийские и альпийские [2].

Характерные почвы района–горно-тундровые, серые лесные и дерново-подзолистые. В зоне горной тайги почвы разнообразны. Для верхней части горной тайги типичными являются горные мерзлотно-таежные почвы. В

средней и нижней части горной тайги распространены горные таежные и дерновые почвы.

1.4 Инженерно-геологические условия

Характерно преобладание гравийно-галечных и песчаных толщ. Заполнителем гравийно-галечных отложений является полимиктовый песок от мелко – до крупнозернистого. В составе гравия и гальки преобладают интрузивные и осадочные породы. Плотные осадочные породы (девонские, карбоновые, меловые) находятся здесь на небольшой глубине и повсюду можно встретить обнажения пород пригодных для возведения дорожного полотна и в качестве материала для приготовления асфальтобетонной смеси. Глубина сезонного промерзания принимается равной 1,8 м [2].

1.5 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов

В районе проектирования течет река с песчаными пляжами. На территории района имеются обнажения гранитов, базальтов и осадочных пород. Палеоген-неогеновые отложения, приуроченные главным образом к многочисленным межгорным впадинам, и четвертичные накопления, неравномерно распределённые на всех элементах рельефа.

2 Обоснование технических нормативов дороги

2.1 Определение категории дороги

Категория проектируемой дороги устанавливается по СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги»[1]. Ее назначают по расчетной интенсивности движения, измеряемой в приведенных к легковому автомобилю единицах в сутки (прив.ед./сут). Приведение потока транспортных средств к потоку, состоящему только из легковых автомобилей, осуществляется с помощью специальных коэффициентов, приведенных в СП 34.13330.2012 табл. 4.2. Коэффициенты приведения для грузовых автомобилей и автопоездов следует увеличивать в 1,2 раза при пересеченной и горной местности. Расчетной интенсивностью является перспективная интенсивность движения, при этом перспективный период равен 20 годам.

$$N = N_{\text{пр.исх}} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t, \quad (2.1)$$

где $N_{\text{пр.исх}}$ —исходная интенсивность движения, прив.ед./сут.;

p – процент ежегодного прироста интенсивности, %;

t – перспективный период, годы.

$$N = N_{\text{исх}} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t = 315 \left(1 + \frac{5,8}{100}\right)^{20} = 972,8 \text{ авт./сут},$$

$$N = N_{\text{пр.исх}} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t = 397,53 \left(1 + \frac{5,8}{100}\right)^{20} = 1227,67 \text{ прив. авт./сут}.$$

Таблица 2.1 – Определение приведенной интенсивности движения

Состав транспортного потока	Исходная интенсивность, авт./сут	Коэффициент приведения	Приведенная интенсивность, прив.авт./сут
Легковые автомобили	154,35	1	154,35
Автобусы большой вместимости	0	3	0
Грузовые автомобили до 2т	56,7	1,3	73,71
Грузовые автомобили от 2т до 6т	31,5	1,4	44,1
Грузовые автомобили от 6т до 8т	25,2	1,6	40,32
Грузовые автомобили от 8т до 14т	25,2	1,8	45,36
Автопоезда до 12т	22,05	1,8	39,69
Автопоезда от 12т до 20т	0	2,2	0
Всего	315		397,53

В зависимости от полученного значения назначаем категорию дороги по табл. 4.1 СП 34.13330.2012. Категория дороги – IV. Расчетная скорость движения автомобилей принимается в зависимости от установленной категории дороги и рельефа местности по табл. 5.1 СП 34.13330.2012.

Таблица 2.2 – Расчетные скорости для дорог

Категория дороги	Расчетная скорость при различных формах рельефа, км/ч		
	основная	на пересеченной местности	в горной местности
IV	80	60	40

Основные элементы проектируемой дороги в плане, продольном и поперечном профилях назначаем по СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» и заносим в табл. 2.3 и табл. 2.4.

Таблица 2.3 – Параметры элементов серпантина

Параметры элементов серпантина	Параметры серпантина при расчетной скорости движения 30 км/ч
Наименьший радиус кривых в плане, м	30
Поперечный уклон проезжей части на вираже, ‰	60
Длина переходной кривой, м	30
Уширение проезжей части, м	2,2
Наибольший продольный уклон в пределах серпантина, ‰	30

2.2 Основные технические показатели автомобильной дороги

Таблица 2.4 – Основные технические показатели автомобильной дороги

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
Категория дороги		IV
Расчетная интенсивность движения	прив. авт./сут	1227,67
Расчетная скорость движения	км/ч	80
Число полос движения	шт.	2
Ширина полосы движения	м	3
Ширина проезжей части	м	6
Ширина обочин	м	2
Ширина краевой полосы у обочины	м	0,50
Ширина укрепленной части обочины	м	1
Ширина земляного полотна без ограждений	м	10
Поперечный уклон проезжей части и краевой полосы при асфальтобетонном покрытии	‰	20
Поперечный уклон обочины за пределами краевой полосы	‰	40
Наименьшие радиусы кривых в плане	м	300
Наибольший продольный уклон	‰	60
Допускаемый наибольший продольный уклон на трудных участках	‰	80
Наименьшие радиусы выпуклых кривых в продольном профиле	м	5000
Наименьшие радиусы вогнутых кривых в горной местности	м	1000
Наименьшие радиусы вогнутых кривых в продольном профиле	м	2000
Расчетные расстояния видимости, м, в продольном профиле: для остановки для встречного автомобиля при обгоне	м	150 250 600

3 Описание трассы

На карте трасса обозначена красным цветом. Трасса проложена методом тангенсов. Она имеет буглов поворота. Первый угол поворота на ПК 4+37, второй угол поворота на ПК 11+72, третий угол поворота на ПК 18+24, четвертый на ПК 22+29, пятый на ПК 27+70 и шестой на ПК 34+13. Длина трассы составляет 3914,18 м. На ПК 32+26 трасса пересекает р. Андога. Трасса проходит по горной местности, на ПК 11+72 устраивается серпантина второго рода, а на ПК 18+24 симметричная серпантина 1 рода. Общее направление трассы на юго-запад. Проектирование серпантины приведено в главе 9.

4 Продольный профиль

4.1 Определение отметок рельефа

Для построения продольного профиля требуется определить отметки рельефа. Определение отметок проводится по ЦММ учебной карты, продольный профиль строится с помощью программы IndorCAD. Отметки рельефа по оси трассы приведены в приложении А.

4.2 Обоснование руководящих отметок

Руководящая отметка необходима для того, чтобы установить оптимальную высоту насыпи, которая обеспечит нормальные условия эксплуатации земляного полотна. Ее определяют с учетом ряда факторов: дорожно-климатической зоны, категории дороги, вида грунта рабочего слоя, типа местности по характеру увлажнения и условиям снегонезаносимости. Так как тип местности по условиям увлажнения меняется вдоль трассы, то и руководящих отметок будет несколько.

По условиям увлажнения верхней толщи грунтов различают три типа местности:

- 1 – сухие участки, на которых поверхностный сток воды обеспечен;
- 2 – сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года;
- 3 – мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением.

4.2.1 Руководящая отметка для I типа местности

Руководящая отметка для I типа местности по увлажнению определяется из условия снегонезаносимости дороги.

Условие снегонезаносимости заключается в том, что отметка бровки насыпи должна быть не менее величины h_p , которую определяют по формуле

$$h_p = h_{\text{сн}} + \Delta h, \quad (4.1)$$

где $h_{\text{сн}}$ – расчетная толщина снежного покрова 5%-ой обеспеченности;

Δh – возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова.

Расчет h_p выполняют используя данные СП 34.13330.2012 пункт 7.34.

$$h_p = 0,5 + 0,5 = 1,00 \text{ м.}$$

Полученную отметку необходимо перевести в руководящую отметку для линии проектируемой поверхности дорожного покрытия по оси дороги. Тогда руководящая отметка вычисляется по формуле

$$h_1 = h_p + i_{об} \cdot b_2 + i_{non} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (4.2)$$

где b_1 – ширина покрытия (суммарная ширина проезжей части и 2 краевых полос обочины);

b_2 – ширина обочины за вычетом краевой полосы;

$i_{об}$ – поперечный уклон неукрепленной части обочины;

i_{non} – поперечный уклон проезжей части и краевой полосы.

Находим руководящую отметку для I типа местности

$$h_1 = 1 + 0,04 \cdot 2 + 0,02 \cdot \frac{7}{2} = 1,01 \text{ м,}$$

4.2.2 Руководящая отметка для II типа местности

Руководящую отметку для второго типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожной одежды до поверхности земли или до

уровня поверхностных вод. При этом считают, что поверхностный сток воды не обеспечен и вода стоит не более 30 суток.

При необеспеченном стоке временно стоящих вод (не более 30 суток) руководящая отметка вычисляется по формуле

$$h_{II} = h_{1,n} + h_{не} + i_{non} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (4.3)$$

где $h_{не}$ – толщина слоя воды над поверхностью земли.

Значения $h_{1,n}$ принимаются по СП 34.13330.2012 табл. 7.2, в зависимости от дорожно-климатической зоны и грунта рабочего слоя.

$$h_{II} = 0,7 + 0,35 + 0,02 \cdot \frac{7}{2} = 1,12 \text{ м.}$$

4.3 Назначение контрольных точек для проектной линии продольного профиля

Определим контрольные точки проектной линии. К ним относятся начало и конец трассы; минимальные отметки насыпи над трубами; отметки осей проезжих частей существующих автомобильных дорог на пересечениях в одном уровне с проектируемой дорогой.

Контрольная точка над трубой определяется по формуле:

$$H = d + \Delta + \delta + h_{до}, \quad (4.4)$$

где d – диаметр трубы, м;

Δ – толщина засыпки над трубой, м;

δ – толщина стенки трубы, м;

$h_{до}$ – толщина дорожной одежды.

Определим минимальную отметку над трубой.

$$H = 1,5 + 0,5 + 0,16 + 0,51 = 2,17 \text{ м.}$$

Заполняем ведомость контрольных точек.

Таблица 4.1 – Ведомость контрольных точек

Наименование точки	ПК	+	Отметка, м
Начало трассы	0	00	199,02
Труба	12	13	179,01
Труба	18	00	161,94
Труба	19	06	164,83
Труба	20	88	163,14
Конец трассы	61	71,5	176,56

4.4 Описание проектной линии

Проектная линия построена по методу тангенсов с помощью системы проектирования автомобильных дорог IndorCAD по принципу «секущей». Этот принцип эффективен при строительстве автомобильных дорог, проложенных в условиях горного и пересеченного рельефа местности, т.к. в этом случае можно соблюсти баланс между объемами насыпей и выемок. Уклоны соответствуют нормативным.

Радиус выпуклых кривых - 5000 м:

- С ПК 1+51 по ПК 1+97;
- С ПК 4+61 по ПК 5+39;
- С ПК 19+06 по ПК 20+61;
- С ПК 36+02 по ПК 36+22;

Радиус выпуклой кривой 5652 м:

- С ПК 9+02 по ПК 10+66;

Радиус выпуклой кривой 5306 м:

- С ПК 13+87 по ПК 15+94;

Радиус выпуклой кривой 5011 м:

- С ПК 24+06 по ПК 26+65;

Радиус вогнутой кривой 3435м:

- С ПК 11+15 по ПК 13+21;

Радиус вогнутой кривой 2793 м:

- С ПК 17+13 по ПК 18+92;

Радиус вогнутой кривой 2000 м:

- С ПК 30+15 по ПК 31+65;

Радиус вогнутой кривой 2425 м:

- С ПК 32+95 по ПК 34+46.

5 Поперечные профили земляного полотна

Для отвода воды с проезжей части принимаем поперечный уклон 20‰, уклон обочин 40‰.

На проектируемой дороге предусмотрено 5 видов поперечных профилей:

1) Тип 1. Насыпи до 2 м с крутизной откоса 1:3. Она принята из условия обеспечения безопасного съезда.

На открытых местах очертанию поперечного профиля придают округленную форму с целью его плавного обтекания снеговетровым потоком.

2) Тип 2. Насыпи высотой от 2 м до 6 м. Имеют крутизну откоса 1:1,5. Такая крутизна обеспечивает устойчивость откоса.

3) Тип 3. Насыпь высотой более 6 м с откосом переменной крутизны. Верхняя часть высотой 6 м имеет коэффициент заложения 1:1,5. Нижняя часть откоса – более пологая крутизной 1:1,75. Это сделано с целью борьбы с оползнями.

4) Тип 4. Выемка глубиной до 1 м на открытых местах (раскрытая).

Выемки глубиной до 1 м устраиваются с коэффициентом заложения внутренних откосов 1:3. Крутизна внешних откосов принята 1:6.

5) Тип 5. Выемка глубиной до 12 м с закуветными полками.

Имеет коэффициент заложения внутренних откосов 1:3. Заложение внешних откосов принято 1:1,5. Поверхности закуветных полок придается уклон 20-40‰ в сторону кювета. Ширина полки 2 м.

Поперечные профили представлены на листе 5 графической части

6 Расчет дорожных одежд

Дорожная одежда – это инженерная многослойная конструкция, воспринимающая нагрузку от транспортных средств и передающая ее на грунтовые основания или на подстилающий грунт.

6.1 Определение расчетной нагрузки

Для данной автомобильной дороги проектируем дорожную одежду исходя из транспортно-эксплуатационных требований и категории проектируемой дороги, с учетом интенсивности движения и состава автотранспортных средств и требований, предъявляемых к дорожной одежде в отношении прочности, долговечности, морозоустойчивости. Выбираем нежесткую дорожную одежду облегченного типа с усовершенствованным покрытием.[3]

- 1) Назначаем тип покрытия с учетом категории дороги: усовершенствованное облегченное покрытие нежесткого типа.
- 2) Определяем приведенную интенсивность движения:

$$N_{\text{прив}} = f_{\text{пол}} \sum_1^n K_i \cdot N_i, \text{ авт./сут}, \quad (6.1)$$

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент полосности;

K_i – коэффициент приведения к расчетной нагрузке;

n – количество типов автомобилей;

N_i – интенсивность движения i -й марки.

Расчет интенсивности приведенной к нагрузке ведем в табличной форме – таблица 6.1, $f_{\text{пол}} = 0,55$.

Таблица 6.1 – Определение приведенной интенсивности к нагрузке

Состав транспортного потока	Исходная интенсивность, авт./сут.	Коэффициент приведения	Приведенная интенсивность, прив.авт./сут.
Легковые автомобили	154,35	0	0
Грузовые автомобили до 2т	56,7	0,005	0,28
Грузовые автомобили. от 2т до 6т	31,5	0,2	6,3
Грузовые автомобили от 6т до 8т	25,2	0,7	17,64
Грузовые автомобили от 8т до 14т	25,2	1,25	31,50
Автопоезда до 12т	22,05	1,5	33,07
Всего	315		88,79

По формуле (6.1):

$$N_{\text{прив}} = 0,55 \cdot 88,79 = 48,83, \text{ авт./сут.}$$

3. Находим суммарное число приложений расчетной нагрузки:

$$\Sigma N_p = 0,7 \cdot N_{\text{прив}} \cdot \frac{K_c}{q^{T_{\text{сл}}-1}} \cdot T_{\text{рдг}} \cdot K_{\text{п}}, \text{ авт.}, \quad (6.2)$$

где K_c – коэффициент суммирования равный:

$$K_c = \frac{q^{T_{\text{сл}}-1}}{q-1}, \quad (6.3)$$

q – показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам;

$T_{\text{сл}}$ – расчетный срок службы;

$T_{\text{рдг}}$ – расчетное число дней в году;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий вероятностные отклонения суммарного движения от ожидаемого.

По формуле (6.2) и (6.3):

$$K_c = \frac{1,02^{10} - 1}{1,02 - 1} = 10,9;$$

$$\Sigma N_p = 0,7 \cdot 48,83 \cdot \frac{10,9}{1,02^{10}} \cdot 130 \cdot 1,38 = 59375,65 \text{ авт.}$$

4. Находим минимальный требуемый общий модуль упругости:

$$E_{\text{тр min}} = 98,65[(\lg \Sigma N_p) - C], \quad (6.4)$$

где C – эмпирический параметр, для расчетной нагрузки.

По формуле (6.4):

$$E_{\text{тр min}} = 98,65 \cdot (\lg 59375,65 - 3,25) = 150,24 \text{ МПа.}$$

Минимально допустимый модуль упругости для IV категории с дорожной одеждой облегченного типа, равен 150 МПа, следовательно, принимаем модуль упругости, полученный расчетным путем, равный 150,24 МПа.

6.2 Расчет первого варианта дорожной одежды

6.2.1 Конструирование первого варианта

5. Назначаем минимальные толщины слоев покрытия, основания, дополнительных слоев, руководствуясь рекомендациями[3].

Конструкция первого варианта дорожной одежды приведена в таблице 6.2

Таблица 6.2 – Конструкция и расчетные параметры первого варианта

№	Наименование слоя	Высота слоя h , см	Расчет по упругому прогибу E , МПа	Расчет по условию сдвигоустойчивости E , МПа	Расчет на растяжение при изгибе			
					E , МПа	R_0 , МПа	α	M
1	Плотный горячий асфальтобетон м/з марки П тип Б на БНД 90/130	4	2400	550	3600	9,5	6,3	5,0
2	Пористый горячий асфальтобетон к/з марки П на БНД 90/130	6	1400	510	2200	7,8	7,6	4,0
3	Щебень черный по способу заклинки	16	600	600	600	-	-	-
4	Песчано-гравийная смесь С6	25	240	240	240	-	-	-
5	Песок средней крупности $W=0,60$ $CN=0,003$ МПа $\varphi = 28^\circ$	-	120	120	120	-	-	-

6. Назначаем модули упругости материалов.

При расчете на упругий прогиб модули упругости слоев с органическими вяжущими назначают с учетом температуры, а именно, при температуре $t = +10^\circ\text{C}$, во всех климатических зонах (П.3.1, П.3.2, П.3.3, П.3.4, П.3.5 [2]).

7. Модули упругости грунтов, значения нормативных и расчетных, прочностных и деформационных характеристик, конструктивных слоев из различных дорожно-строительных материалов, следует принимать по табл.П.2.4, П.2.5, П.2.6 [2].

8. Проверяем выполнение неравенства:

$$E_{\text{общ}} \geq E_{\text{тр}} \cdot K_{\text{пр}}, \quad (6.5)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент прочности.

6.2.2 Расчет по критерию упругого прогиба

Расчет по допускаемому упругому прогибу ведем послойно, начиная с подстилающего слоя. Нормативная осевая нагрузка принимается при дорожной одежде облегченного типа 100 кН; $p=0,6$ МПа, $D=39$ см:

$$1) \frac{E^{\text{Пср.кр}}}{E^{\text{ПГС}}} = \frac{120}{240} = 0,5; \quad \frac{h^{\text{ПГС}}}{D} = \frac{25}{39} = 0,64;$$

$$\frac{E^{\text{ПГС}}_{\text{общ}}}{E^{\text{ПГС}}} = 0,69;$$

$$E^{\text{ПГС}}_{\text{общ}} = 240 \cdot 0,69 = 166 \text{ МПа}.$$

$$2) \frac{E^{\text{ПГС}}_{\text{общ}}}{E^{\text{ч.щеб}}} = \frac{166}{600} = 0,27; \quad \frac{h^{\text{ч.щеб}}}{D} = \frac{16}{39} = 0,41;$$

$$\frac{E^{\text{ч.щеб.}}_{\text{общ}}}{E^{\text{ч.щеб}}} = 0,41;$$

$$E^{\text{ч.щеб}}_{\text{общ}} = 600 \cdot 0,41 = 246 \text{ МПа}.$$

$$3) \frac{E^{\text{ч.щеб}}_{\text{общ}}}{E^{\text{а.бпор.}}} = \frac{246}{1400} = 0,17; \quad \frac{h^{\text{а.бпор.}}}{D} = \frac{6}{39} = 0,15;$$

$$\frac{E^{\text{а.б пор.}}_{\text{общ}}}{E^{\text{а.б пор.}}} = 0,18;$$

$$E^{\text{а.б пор.}}_{\text{общ}} = 1400 \cdot 0,18 = 252 \text{ МПа}.$$

$$4) \frac{E_{\text{общ}}^{\text{а.б пор.}}}{E_{\text{а.б плот.}}} = \frac{252}{2400} = 0,10; \quad \frac{h_{\text{а.б пор.}}}{D} = \frac{4}{39} = 0,10;$$

$$\frac{E_{\text{общ}}^{\text{а.б плот.}}}{E_{\text{а.б плот.}}} = 0,11;$$

$$E_{\text{общ}}^{\text{а.б плот.}} = 2400 \cdot 0,11 = 264 \text{ МПа.}$$

По формуле (6.5):

$$1,17 \leq \frac{264}{150,24} = 1,75.$$

Требуемый минимальный коэффициент $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,17$ при уровне надежности 0,95. Данная конструкция удовлетворяет условию прочности по допускаемому упругому прогибу.

6.2.3 Расчет на растяжение при изгибе

При расчете на активное сопротивление сдвигу в несвязных слоях дорожных одежд, модули упругости принимают для температуры $t = +30^\circ\text{C}$, для III климатической зоны.

1) Приводим конструкцию к двухслойной модели, где нижний слой – часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, т. е. черный щебень, ПГС и грунт рабочего слоя.

$$E_{\text{н}} = E_{\text{общ}}^{\text{ч.щеб}} = 246 \text{ Мпа.}$$

Определяем средний модуль упругости монолитных слоев покрытия:

$$E_{\text{ср}} = \frac{E_1 \cdot h_1 + E_2 \cdot h_2}{h_1 + h_2}, \quad (6.6)$$

По формуле 4.6:

$$E_B = \frac{3600 \cdot 4 + 2200 \cdot 6}{4 + 6} = 2760 \text{ МПа.}$$

2) Находим отношения:

$$\frac{h_1 + h_2}{D} = \frac{4 + 6}{39} = 0,256,;$$

$$\frac{E_B}{E_H} = \frac{2760}{246} = 11,22;$$

По рис. 3.4 [3] определяем $\overline{\sigma_r} = 1,80$ – растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчетных диаметрах площадки, передающей нагрузку.

3) Находим наибольшее растягивающее напряжение при изгибе в рассматриваемом расчетном слое:

$$\sigma_r = \overline{\sigma_r} \cdot p \cdot K_B, \quad (6.7)$$

где p – расчетное давление (табл. П.1.1 [3]);

K_B – коэффициент учитывающий особенности напряженного состояния покрытия под спаренным колесом. $K_B = 0,85$ – для спаренных баллонов; $K_B = 1$ – однобаллонное.

По формуле 6.7:

$$\sigma_r = 1,80 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 0,94 \text{ МПа.}$$

4) Определяем допускаемую прочность:

$$R_N = R_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot (1 - v_R \cdot t), \quad (6.8)$$

где R_0 – нормальное значение предельного сопротивления растяжения при изгибе для расчетной низкой весенней температуры при однократном приложении нагрузки (табл. П.3.1 [3]);

K_1 – коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки:

$$K_1 = \frac{\alpha}{m \sqrt{\sum N_p}}, \quad (6.9)$$

α – коэффициент учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах (П.3.1 [2]);

m – показатель степени, зависящей от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя (табл.П.3.1 [3]);

K_2 – коэффициент, учитывающий снижение прочности под воздействием погодно-климатических факторов (табл. 3.6 [3]);

v_R – коэффициент вариации прочности на растяжение (П.4.1 [3]);

t – коэффициент нормированного отклонения (табл. П.4.2 [3]).

По формуле 6.8 и 6.9:

$$K_1 = \frac{7,6}{\sqrt[4]{59375,65}} = 0,38;$$

$$R_N = 7,8 \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,71) = 1,96 \text{ Па}$$

5) Проверяем условие:

$$R_N > K_{\text{пр}} \cdot \sigma_r, \quad (6.10)$$

где $K_{\text{пр}}$ - требуемый коэффициент прочности (табл. 3.1[3]).

По формуле 6.10:

$$1,96 > 1,0 \cdot 0,94; 1,96 > 0,94.$$

Данная конструкция удовлетворяет условию прочности при изгибе.

6.2.4 Расчет на сопротивление сдвигу

Проводят в несвязном слое дорожной одежды или несвязном грунте, подстилающим всю дорожную одежду. Проводим для несвязного грунта, подстилающего всю дорожную одежду.

1) Определяем средний модуль упругости одежды:

$$E_{\text{тр}} = \frac{E_1 \cdot h_1 + \dots + E_n \cdot h_n}{h_1 + \dots + h_n}, \quad (6.11)$$

По формуле 6.11:

$$E_{\text{тр}} = \frac{550 \cdot 4 + 510 \cdot 6 + 600 \cdot 16 + 240 \cdot 25}{4 + 6 + 16 + 25} = 240 \text{ МПа};$$

2) Находим $\bar{\tau}_H$ по рис. 3.2 [3]:

$$\frac{\sum h_i}{D} = \frac{51}{39} = 1,30; \quad \frac{E_B}{E_H} = \frac{240}{120} = 2,0;$$

$$\bar{\tau}_H = 0,053 \text{ МПа.}$$

3) Определяем расчетное значение активного сопротивления сдвигу:

$$\tau_{\text{расч}} = \bar{\tau}_H \cdot p \quad (6.12)$$

По формуле 6.12:

$$\tau_{\text{расч}} = 0,05 \cdot 0,6 = 0,0318 \text{ МПа.}$$

4) Определяем предельное напряжение сдвига в грунте рабочего слоя:

$$T_{\text{пр}} = K_q \cdot (C_N + 0,1 \cdot \gamma_{\text{ср}} \cdot Z_{\text{оп}} \cdot tg \varphi_{\text{ст}}), \quad (6.13)$$

где C_N - сцепление в грунте;

K_q - коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания[3];

$\gamma_{\text{ср}}$ - средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, кг/см³.

$Z_{оп}$ - глубина поверхности слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость от верха конструкции, см (равна толщине одежды).

По формуле 6.13:

$$T_{пр} = 4 \cdot (0,003 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 51 \cdot tg28) = 0,034 \text{ МПа} .$$

5) Проверяем условие:

$$K_{пр}^{сдвиг} = \frac{T_{пр}}{\tau_{рас}} \geq 1,0, \quad (6.14)$$

где $K_{пр}$ - требуемый коэффициент прочности с учетом заданного уровня надежности (табл. 3.1[3]).

По формуле 6.14:

$$\frac{0,034}{0,0315} = 1,08 \geq 1,0$$

Следовательно, условие по сдвигоустойчивости в песчаном слое основания выполнено.

6.2.5 Расчет на морозоустойчивость

Условие морозоустойчивости дорожной одежды:

$$l_{пуч} \leq l_{доп} = 6 \text{ см}$$

Так как глубина промерзания меньше 2 м, то по графику на рис. 6.3 [3] для определения осредненной величины морозного пучения определяем величину морозного пучения для осредненных условий:

$$l_{\text{пуч.ср}} = 2,3 \text{ см}$$

Величина возможного морозного пучения:

$$l_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч.ср}} \cdot K_{\text{УГВ}} \cdot K_{\text{пл}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{нагр}} \cdot K_{\text{вл}} = 2,3 \cdot 0,43 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \\ = 0,92 \text{ см} \leq l_{\text{доп}} = 6 \text{ см.}$$

Условие морозоустойчивости дорожной одежды обеспечено.

Выбранная конструкция первого варианта удовлетворяет всем критериям прочности.

6.3 Расчет второго варианта дорожной одежды

6.3.1 Конструирование второго варианта

5. Назначаем минимальные толщины слоев покрытия, основания, дополнительных слоев, руководствуясь рекомендациями[3].

6. Назначаем модули упругости материалов.

При расчете на упругий прогиб модули упругости слоев с органическими вяжущими назначают с учетом температуры, а именно, при температуре $t = +10^{\circ}\text{C}$, во всех климатических зонах (П.3.1, П.3.2, П.3.3, П.3.4, П.3.5 [3]).

6. Модули упругости грунтов, значения нормативных и расчетных, прочностных и деформационных характеристик, конструктивных слоев из различных дорожно-строительных материалов, следует принимать по табл. П.2.4, П.2.5, П.2.6 [3].

Таблица 6.3 – Конструкция и расчетные параметры второго варианта

№	Наименование слоя	Высота слоя h, см	Расчет по упругому прогибу E, МПа	Расчет по условию сдвигу устойчивости E, МПа	Расчет на растяжение при изгибе			
					E, МПа	R ₀ , МПа	α	m
1	Плотный горячий асфальтобетон м/з марки II тип Б на БНД 90/130	5	2400	550	3600	9,5	6,3	5,0
2	Пористый горячий асфальтобетон к/з марки II на БНД 90/130	7	1400	510	2200	7,8	7,6	4,0
3	Щебень фракционированный 40-80мм с заклинкой мелким щебнем	15	450	450	450	-	-	-
4	Песчано-гравийная смесь Сб	20	240	240	240	-	-	-
5	Песок средней крупности W=0,60 CN=0,003 МПа φ = 28°	-	120	120	120	-	-	-

8. Проверяем выполнение неравенства:

$$E_{\text{общ}} \geq E_{\text{тр}} \cdot K_{\text{пр}}, \quad (6.5)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент прочности (табл. 3.1 [3]).

6.3.2 Расчет по критерию упругого прогиба

Расчет по допускаемому упругому прогибу ведем послойно, начиная с подстилающего слоя. Нормативная осевая нагрузка принимается при дорожной одежде облегченного типа 100 кН, $p=0,6$ МПа, $D=39$ см:

$$1) \frac{E_{\text{Пср.кр}}}{E_{\text{ПГС}}} = \frac{120}{240} = 0,5; \quad \frac{h_{\text{ПГС}}}{D} = \frac{20}{39} = 0,51;$$

$$\frac{E_{\text{общ}}^{\text{ПГС}}}{E_{\text{ПГС}}} = 0,65 \text{ (рис 3.1 [2])};$$

$$E_{\text{общ}}^{\text{ПГС}} = 240 * 0,65 = 158,4 \text{ МПа.}$$

$$2) \frac{E_{\text{общ}}^{\text{ПГС}}}{E_{\text{щеб.}}} = \frac{158,4}{450} = 0,35; \quad \frac{h_{\text{ч.щ}}}{D} = \frac{15}{39} = 0,38;$$

$$\frac{E_{\text{общ}}^{\text{щеб.}}}{E_{\text{щеб}}} = 0,47 \text{ (рис 3.1 [2])};$$

$$E_{\text{общ}}^{\text{щеб}} = 450 * 0,47 = 211,5 \text{ МПа.}$$

$$3) \frac{E_{\text{общ}}^{\text{щеб}}}{E_{\text{а.б пор.}}} = \frac{211,5}{1400} = 0,151; \quad \frac{h_{\text{а.б пор.}}}{D} = \frac{7}{39} = 0,18;$$

$$\frac{E_{\text{общ}}^{\text{а.б пор.}}}{E_{\text{а.б пор.1}}} = 0,16 \text{ (рис 3.1 [2])};$$

$$E_{\text{общ}}^{\text{а.б пор.}} = 1400 * 0,16 = 224 \text{ МПа.}$$

$$4) \frac{E_{\text{общ}}^{\text{а.б пор.}}}{E_{\text{а.б плот.}}} = \frac{224}{2400} = 0,93; \quad \frac{h_{\text{а.б пор.}}}{D} = \frac{5}{39} = 0,128;$$

$$\frac{E_{\text{общ}}^{\text{а.б плот.}}}{E_{\text{а.б плот}}} = 0,10 \text{ (рис 3.1 [3])};$$

$$E_{\text{общ}}^{\text{а.б плот.}} = 2400 * 0,10 = 240 \text{ МПа.}$$

По формуле 6.5:

$$1,17 \leq \frac{240}{150,24} = 1,59.$$

Требуемый минимальный коэффициент при уровне надежности 0,95. Данная конструкция удовлетворяет условию прочности по допускаемому упругому прогибу.

6.3.3 Расчет на растяжение при изгибе

При расчете на активное сопротивление сдвигу в несвязных слоях дорожных одежд, модули упругости принимают для температуры $t = +30^{\circ}\text{C}$, для III климатической зоны.

1) Приводим конструкцию к двухслойной модели, где нижний слой - часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, т. е. щебень фракционированный, ПГС и грунт рабочего слоя.

$$E_H = E_{\text{общ}}^{\text{щеб}} = 216 \text{ МПа}.$$

Определяем средний модуль упругости монолитных слоев покрытия:

$$E_{\text{ср}} = \frac{E_1 \cdot h_1 + E_2 \cdot h_2}{h_1 + h_2}, \quad (6.6)$$

По формуле 6.6:

$$E_B = \frac{3600 \cdot 5 + 2200 \cdot 7}{5 + 7} = 2783,3 \text{ МПа}.$$

2) Находим отношения:

$$\frac{h_1+h_2}{D} = \frac{5+7}{39} = 0,307;$$

$$\frac{E_B}{E_H} = \frac{2783,3}{216} = 12,88$$

По рис. 3.4 [3] определяем $\overline{\sigma_r} = 1,95$ - растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчетных диаметрах площадки, передающей нагрузку.

3) Находим наибольшее растягивающее напряжение при изгибе в рассматриваемом расчетном слое:

$$\sigma_r = \overline{\sigma_r} \cdot p \cdot K_B, \quad (6.7)$$

где p – расчетное давление (табл. П.1.1 [3]);

K_B – коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия под спаренным колесом. $K_B = 0,85$ - для спаренных баллонов; $K_B = 1$ – однобаллонное.

По формуле 6.7:

$$\sigma_r = 1,95 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 1,0 \text{ МПа.}$$

4) Определяем допускаемую прочность:

$$R_N = R_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot (1 - v_R \cdot t), \quad (6.8)$$

где R_0 – нормальное значение предельного сопротивления растяжения при изгибе для расчетной низкой весенней температуры при однократном приложении нагрузки (табл. П.3.1 [3]);

K_1 – коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки:

$$K_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p}}, \quad (6.9)$$

α – коэффициент учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах (П.3.1 [2]);

m – показатель степени, зависящей от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя (табл.П.3.1 [3]);

K_2 – коэффициент, учитывающий снижение прочности под воздействием погодных-климатических факторов (табл. 3.6 [3]);

v_R – коэффициент вариации прочности на растяжение (П.4.1 [3]);

t – коэффициент нормированного отклонения (табл. П.4.2 [3]).

По формуле 6.8 и 6.9:

$$K_1 = \frac{7,6}{\sqrt[4]{59375,65}} = 0,38;$$

$$R_N = 7,8 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,71) = 1,96 \text{ Па}$$

5) Проверяем условие:

$$R_N > K_{\text{пр}} \cdot \sigma_r, \quad (6.10)$$

где $K_{\text{пр}}$ – требуемый коэффициент прочности (табл. 3.1[3]).

По формуле 6.10:

$$1,96 > 1,0 \cdot 1,0 ; 1,96 > 1,0.$$

Данная конструкция удовлетворяет условию прочности при изгибе.

6.3.4 Расчет на сопротивление сдвигу

Проводят в несвязном слое дорожной одежды или несвязном грунте, подстилающим всю дорожную одежду. Проводим для несвязного грунта, подстилающего всю дорожную одежду.

1) Определяем средний модуль упругости одежды:

$$E_{\text{тр}} = \frac{E_1 \cdot h_1 + \dots + E_n \cdot h_n}{h_1 + \dots + h_n}. \quad (6.11)$$

По формуле 6.11:

$$E_{\text{тр}} = \frac{550 \cdot 5 + 510 \cdot 7 + 450 \cdot 15 + 240 \cdot 20}{5 + 7 + 15 + 20} = 380 \text{ МПа.}$$

2) Находим $\bar{\tau}_H$ по рис. 3.2 [3]:

$$\frac{\Sigma h_i}{D} = \frac{47}{39} = 1,20 ; \frac{E_B}{E_H} = \frac{380}{120} = 3,16;$$

$$\bar{\tau}_H = 0,05 \text{ МПа.}$$

3) Определяем расчетное значение активного сопротивления сдвигу:

$$\tau_{\text{расч}} = \bar{\tau}_H \cdot p \quad (6.12)$$

По формуле 6.12:

$$\tau_{\text{расч}} = 0,05 \cdot 0,6 = 0,03 \text{ МПа.}$$

4) Определяем предельное напряжение сдвига в грунте рабочего слоя:

$$T_{\text{пр}} = K_q \cdot (C_N + 0,1 \cdot \gamma_{\text{ср}} \cdot Z_{\text{оп}} \cdot \text{tg} \varphi_{\text{ст}}), \quad (6.13)$$

где C_N - сцепление в грунте;

K_q - коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания[3];

$\gamma_{\text{ср}}$ - средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, кг/см³.

$Z_{\text{оп}}$ - глубина поверхности слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость от верха конструкции, см (равна толщине одежды).

По формуле 6.13:

$$T_{\text{пр}} = 4 \cdot (0,003 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 47 \cdot \text{tg} 28) = 0,032 \text{ МПа.}$$

5) Проверяем условие:

$$K_{\text{пр}}^{\text{сдвиг}} = \frac{T_{\text{пред}}}{\tau_{\text{рас}}} \geq 1,0, \quad (6.14)$$

где $K_{\text{пр}}$ - требуемый коэффициент прочности с учетом заданного уровня надежности (табл. 3.1[3]).

По формуле 6.14:

$$\frac{0,032}{0,03} = 1,06 \geq 1,0;$$

Следовательно, условие по сдвигоустойчивости в песчаном слое основания выполнено.

6.3.5 Расчет на морозоустойчивость

Условие морозоустойчивости дорожной одежды:

$$l_{\text{пуч}} \leq l_{\text{доп}} = 6 \text{ см}$$

Так как глубина промерзания меньше 2 м, то по графику на рис. 6.3 [3] для определения осредненной величины морозного пучения определяем величину морозного пучения для осредненных условий:

$$l_{\text{пуч.ср}} = 2,3 \text{ см}$$

Величина возможного морозного пучения:

$$\begin{aligned} l_{\text{пуч}} &= l_{\text{пуч.ср}} \cdot K_{\text{УГВ}} \cdot K_{\text{пл}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{нагр}} \cdot K_{\text{вл}} = 2,3 \cdot 0,43 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \\ &= 0,92 \text{ см} \leq l_{\text{доп}} = 6 \text{ см.} \end{aligned}$$

Условие морозоустойчивости дорожной одежды обеспечено. Выбранная конструкция удовлетворяет всем критериям прочности.

6.4 Сравнение вариантов дорожной одежды

Для сравнения вариантов дорожной одежды были составлены локальные сметы, которые приведены в приложениях Б, В.

В ходе сравнения сметная стоимость 1 варианта конструкции дорожной одежды, равная 10449,75 тыс. руб., оказалась меньше, чем 2 вариант, равный 11592,87 тыс. руб. Следовательно, наиболее выгоден 1 вариант конструкции дорожной одежды.

7 Решение вопросов водоотвода

7.1 Система поверхностного водоотвода. Параметры кюветов

Ширину кюветов принимаем равной 0,4 м. Глубина кюветов от 0,5 до 1 м. На поперечных профилях 1 типа заложение внутренних откосов 1:3, на поперечных профилях 2 типа заложение внутренних откосов 1:1,5. Тип 3 заложение откосов верхней части 1:1,5, а нижней части 1:1,75. Тип 4 и 5 заложение внешних откосов 1:3. Кюветы с продольным профилем от 0 до 30‰ – засев трав, от 30 до 50‰ – мощение, более 50‰ – бетонные лотки.

8 Проектирование серпантины на ПК 18+24

При проектировании автомобильных дорог в горной местности с целью смягчения больших продольных уклонов на затяжных участках крутых склонов, в некоторых случаях приходится развивать трассу, представляя ее зигзагообразной линией с острыми внутренними углами поворотов. Вписывание кривых внутрь образовавшихся острых углов не дает желаемого результата, поскольку при этом не обеспечивается должное развитие трассы, в связи с тем что длины кривых оказываются несоизмеримо меньшими суммы тангенсов. В таких случаях предусматривают сложные закругления с внешней стороны, называемые серпантинами.

Серпантиной называют дорожную петлю, описанную с внешней стороны угла разворота трассы α . Серпантина представляется основной кривой K , двумя вспомогательными (как правило обратных) кривыми K_0 и вставками между основной кривой и вспомогательными t , необходимыми для размещения переходных кривых (если таковые нужны), отгоном - виражей и уширений проезжей части. Уширение проезжей части на серпантинах делают за счет внешней обочины только на 0,5 м, а остальную часть уширения за счет внутренней обочины и дополнительного уширения земляного полотна. При развитии трассы зигзагами по склону часто приходится назначать углы поворотов, при которых обычная разбивка кривых внутри угла невозможна, так как в связи с большой разницей в длинах кривой и тангенсов участок кривой имел бы большой продольный уклон, для смягчения которого потребовались бы очень большие земляные работы. Закругление поэтому располагают с внешней стороны угла поворота. Серпантины характеризуются применением кривых минимальных радиусов, большими углами поворота трассы и сильным ее удлинением, что предопределяет снижение скоростей, безопасности движения и перепробеги автомобилей. Поэтому, как правило, является более предпочтительным вариант трассы, имеющий возможно

меньшее число серпантин. Их разрешается устраивать на дорогах II—V категорий.

Между основной кривой и вспомогательными кривыми укладывают переходные кривые. Вспомогательные кривые серпантины могут состоять из круговых или клотоидных кривых, выпуклости которых могут быть направлены как в одну, так и в разные стороны. Серпантины могут иметь симметричное и несимметричное размещение своих ветвей. У несимметричных серпантин основная кривая может состоять из одной или нескольких круговых кривых различного радиуса (в виде коробовой кривой) или образовываться двумя клотоидами разных параметров. Несимметричные кривые могут иметь вынесенный и смещенный центр основной кривой.

Укладка серпантин на топографических планах и картах ведется специальными шаблонами или лекалами кривых. Размещение серпантины обычно начинается с укладки на наиболее пологом участке склона местности основной кривой с последующим подбором к ней вспомогательных кривых. При укладке серпантин рассчитывают ширину шейки серпантины.

К устройству серпантин приходится прибегать при трассировании на крутых склонах, обычно, в более или менее стесненных условиях; при этом положение серпантины будет наиболее выгодно, а количество земляных работ наименьшее при наибольшем приближении дополнительных кривых к основной, т. е. при минимальной длине прямой вставки m между ними.

По строительным нормам и правилам расстояние между концом вспомогательной кривой одной серпантины и началом вспомогательной кривой соседней серпантины должно быть, возможно, большим и не менее 400 м для дорог II—III категории, 300 м - для дорог IV категории и 200 м - для дорог V категории.

Наличие на дороге серпантин ухудшает ее транспортные качества. На серпантинах приходится резко снижать скорость, а устройство их значительно удорожает строительство из-за больших объемов земляных работ и

необходимости устройства подпорных стен. Поэтому при проектировании горных дорог необходимо внимательно проанализировать возможности избежать устройства серпантин.

Расчет элементов серпантинны заключается в установлении величины отдельных ее элементов и в проверке возможности размещения на местности земляного полотна с канавами и откосами. Конструктивные решения приведены на листе 4 графической части.

Серпантина на ПК 18+24 ($\alpha = 46^\circ$):

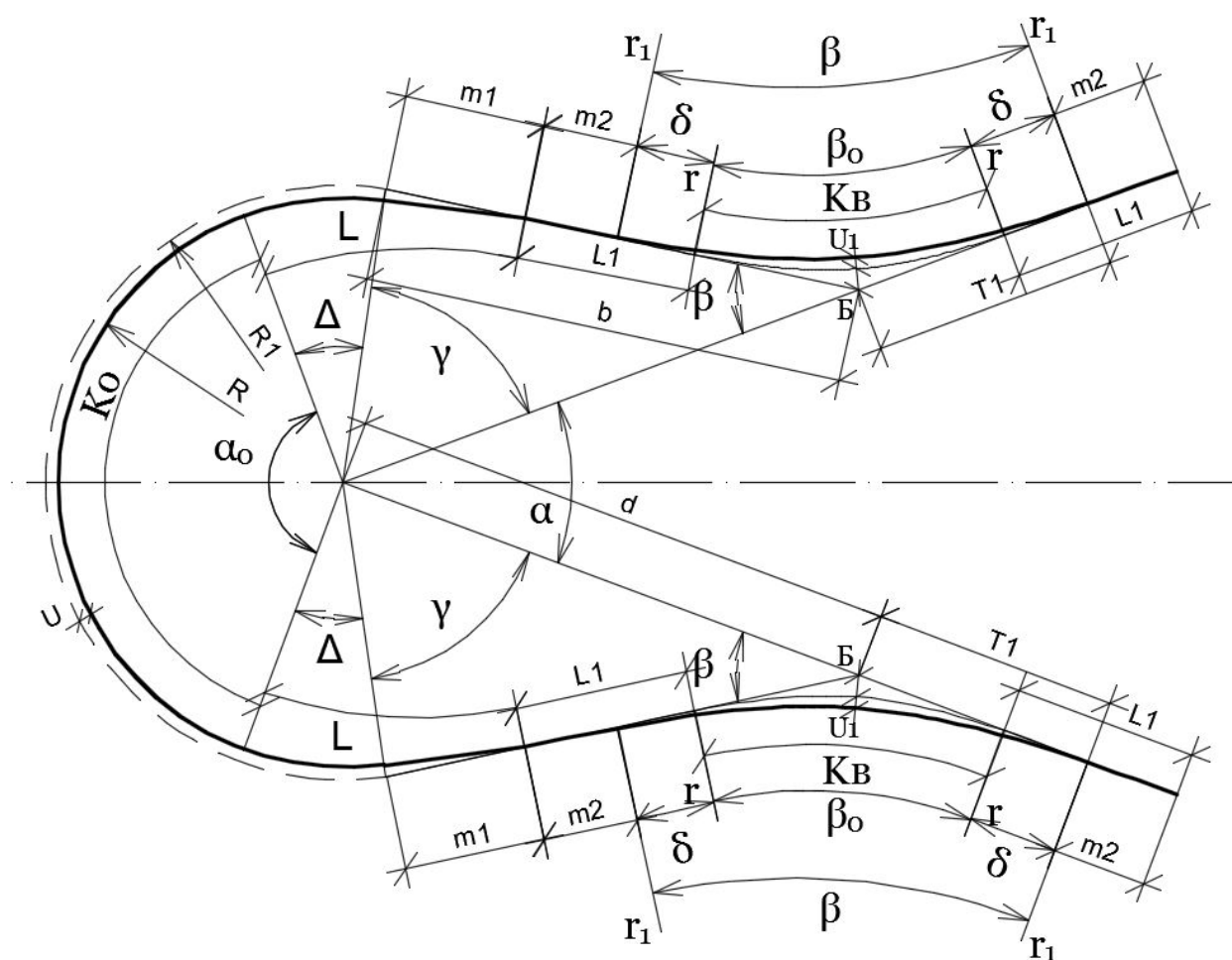


Рисунок 8.1 - Симметричная серпантина 1-го рода с переходными кривыми

Радиус основной круговой кривой:

$$R = 50 \text{ м}$$

Радиус вспомогательной кривой:

$$r = 100 \text{ м}$$

Длина переходной кривой у основной круговой кривой:

$$L = 35 \text{ м}$$

Длина переходной кривой у вспомогательной круговой кривой:

$$L_1 = 20 \text{ м}$$

Координаты для конечных точек переходной кривой:

$$X_0 = L - \frac{L^5}{40C^2} \quad (8.1)$$

$$Y_0 = \frac{L^3}{6 \cdot C} - \frac{L^7}{336 \cdot C^3} \quad (8.2)$$

где $C = R \cdot L$ – параметр переходной кривой.

Угол δ и Δ :

$$\delta = 57,29 \cdot \frac{L_1}{2r} = 57,29 \cdot \frac{20}{2 \cdot 100} = 5,73^\circ;$$

$$\Delta = 57,29 \cdot \frac{L}{2R} = 57,29 \cdot \frac{35}{2 \cdot 50} = 20,05^\circ$$

$\alpha \geq 2\delta$, переходная кривая может быть разбита, если: $\alpha \geq 2\delta$ – условие выполняется.

Величина сдвижки у основной кривой:

$$U = Y_1 + R \cdot \cos\Delta - R = 4,05 + 50 \cdot \cos 20,05 - 50 = 1,02;$$

$$\text{где } Y_1 = \frac{35^3}{6 \cdot 1750} - \frac{35^7}{336 \cdot 1750^3} = 4,05 \text{ м};$$

$$C = 50 \cdot 35 = 1750 \text{ м}^2$$

Величина сдвижки у вспомогательной кривой:

$$U_1 = Y_2 + r \cdot \cos \delta - r = 0,67 + 100 \cdot \cos 5,73 - 100 = 0,17,$$

$$\text{где } Y_2 = \frac{20^3}{6 \cdot 2000} - \frac{20^7}{336 \cdot 2000^3} = 0,67 \text{ м};$$

$$C = 100 \cdot 20 = 2000 \text{ м}^2$$

Новые радиусы:

$$R_1 = R + U = 50 + 1,02 = 51,02 \text{ м}$$

$$r_1 = r + U_1 = 100 + 0,17 = 100,17 \text{ м}$$

Начальная точка переходной кривой находится от начала круговой кривой на расстоянии:

$$m = m_1 + m_2 = 17,43 + 10,00 = 27,43 \text{ м},$$

$$\text{где } m_1 = X_1 - R \cdot \sin \Delta = 34,57 - 50 \cdot \sin 20,05 = 17,43 \text{ м};$$

$$X_1 = 35 - \frac{35^5}{40 \cdot 1750^2} = 34,57 \text{ м};$$

$$m_2 = X_2 - r \cdot \sin \delta = 19,98 - 100 \cdot \sin 5,73 = 10,00 \text{ м};$$

$$X_2 = 20 - \frac{20^5}{40 \cdot 2000} = 19,98 \text{ м}$$

Для разбивки переходных кривых у вспомогательных круговых кривых потребуются величины тангенса и биссектрисы:

$$T_1 = r_1 \cdot tg \frac{\beta}{2} = (r + U_1) \cdot tg \frac{\beta}{2} = 100,17 \cdot 0,35 = 31,90 \text{ м},$$

$$\text{где } tg \left(\frac{\beta}{2} \right) = \frac{-m + \sqrt{m^2 + R_1 \cdot (2r_1 + R_1)}}{2r_1 + R_1} = \frac{-27,42 + \sqrt{27,42^2 + 51,02 \cdot (2 \cdot 100,17 + 51,02)}}{2 \cdot 100,17 + 51,02} = 0,35;$$

$$\beta = arctg \left(tg \frac{\beta}{2} \cdot 2 \right) = arctg \left(\frac{0,35}{2} \right) = 35,33^\circ;$$

$$Б = r_1 \cdot \left(sec \frac{\beta}{2} - 1 \right) + U_1 = 100,17 \cdot \left(sec \frac{0,62}{2} - 1 \right) + 0,17 = 5,12;$$

Угол необходимый для дополнительных построений:

$$\gamma = 90^\circ - \beta = 90 - 35,33 = 54,67^\circ;$$

Расстояние от начала основной круговой кривой до вершины вспомогательной кривой:

$$b = T_1 + m = 31,90 + 27,43 = 59,32 \text{ м};$$

Расстояние от центра до вершины вспомогательной кривой:

$$d = \frac{b}{\cos \beta} = \frac{59,32}{\cos 0,62} = 72,72 \text{ м};$$

Тангенс серпантины:

$$T_c = d + T_1 + m_2 = 72,72 + 31,90 + 10,0 = 114,62 \text{ м};$$

Центральный угол соответствующей части кривой после введения переходных кривых:

$$\alpha_0 = 360^\circ - 2(\gamma + \Delta) - \alpha = 360 - 2(54,67 + 20,05) - 46 = 164,56^\circ;$$

Длина основной круговой кривой:

$$K_0 = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha_0}{180^\circ} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 164,56}{180} = 143,60 \text{ м};$$

Длина оставшейся круговой кривой у вспомогательных кривых:

$$K_B = \frac{\pi \cdot R \cdot \beta_0}{180^\circ} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 23,27}{180} = 41,67 \text{ м};$$

$$\text{где } \beta_0 = \beta - 2\delta = 35,33 - 2 \cdot 5,73 = 23,27^\circ;$$

Полная длина серпантины:

$$\begin{aligned} L_{\text{сер}} &= 2(2L_1 + K_B + L) + K_0 = 2(2 \cdot 20 + 41,67 + 35) + 143,6 = \\ &= 376,94 \text{ м}; \end{aligned}$$

Домер:

$$D_{\text{сер}} = L_{\text{сер}} - 2T_c = 376,94 - 2 \cdot 114,62 = 147,70 \text{ м};$$

Наименьшее расстояние между ветвями серпантины, необходимое для размещения элементов земляного полотна:

$$Z_1 = \frac{H}{i_0} = \frac{B+C}{1-n \cdot i_0}; \quad (8.3)$$

где B – ширина земляного полотна;

C – ширина канавы по верху;

n – коэффициент заложения откосов земляного полотна;

i_0 – уклон ската местности по линии центров;

H – перепад высот ветвей серпантины.

$$H = \frac{(B+C) \cdot i_0}{1-n \cdot i_0} = \frac{(10+2) \cdot 0,175}{1-1 \cdot 0,175} = 2,55;$$

$$Z_1 = \frac{2,55}{0,175} = \frac{10+2}{1-1 \cdot 0,175} = 14,55;$$

Фактическое расстояние между ветвями серпантины:

$$Z = 2 \left[d \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) + r_1 \cdot \left(\sec\left(\frac{\beta}{2}\right) - 1\right) + U_1 \right];$$

$$Z = 2 \left[72,72 \cdot \sin\left(\frac{0,8}{2}\right) + 100,17 \cdot \left(\sec\left(\frac{0,62}{2}\right) - 1\right) + 0,17 \right] = 57,36 \text{ м};$$

Так как $Z > Z_1$, то размещение серпантины возможно.

$$\begin{aligned} \text{ПК НЗ}_1 &= \text{ПК } 18+24 - d - T_1 - m_2 = 1350 - 72,72 - 31,90 - 10,0 = \\ &= 1709,82 \text{ м}; \end{aligned}$$

$$\text{ПК НКК}_1 = \text{НЗ} + L_1 = 1709,82 + 20 = 1729,82 \text{ м};$$

$$\text{ПК ККК}_1 = \text{НКК}_1 + K_{\text{в}} = 1729,82 + 41,67 = 1771,49 \text{ м};$$

$$\text{ПК КЗ}_1 = \text{ККК}_1 + L_1 = \text{НЗ}_2 = 1771,49 + 20 = 1791,49 \text{ м};$$

$$\text{ПК НКК}_2 = \text{НЗ}_2 + L = 1791,49 + 35 = 1826,49 \text{ м};$$

$$\text{ПК ККК}_2 = \text{НКК}_2 + K_o = 1826,49 + 143,60 = 1970,09 \text{ м};$$

$$\text{ПК КЗ}_2 = \text{ККК}_2 + L = \text{НЗ}_3 = 1970,09 + 35 = 2005,09 \text{ м};$$

$$\text{ПК HKK}_3 = \text{H3}_3 + L_1 = 2005,09 + 20 = 2025,09 \text{ м};$$

$$\text{ПК KKK}_3 = \text{HKK}_3 + K_{\text{в}} = 2025,09 + 41,67 = 2066,76 \text{ м};$$

$$\text{ПК K3}_3 = \text{KKK}_3 + L_1 = 2066,76 + 20 = 2086,76 \text{ м}.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе были закреплены приобретенные в процессе обучения знания и навыки в самостоятельном проектировании трассы дороги автоматизированным способом в программе IndorCAD.

В ходе работы была запроектирована трасса в горной местности IV категории с использованием серпантин, выполнены продольный и поперечный профили, а также два варианта дорожной одежды и после их экономического сравнения был выбран менее затратный вариант.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2013. – 139 с.
2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2013. – 109 с.
3. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд / Минтранс России. — М.: Инфор-мавтодор, 2001. — 145 с.
4. ГОСТ 9128-09. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – М.: Госстрой, 2009.
5. Жуков В.И. Проектирование в сложных условиях: учеб. пособие / КрасГАСА 2000 г.
6. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2013. – 109 с.
7. Федотов Г.А., Пospelов П.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн. 1: учебник. – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.
8. Митин Н.А. Серпантины: учеб. пособие / Транспорт, Москва, 1972 г. – 190 стр.
9. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности. СТО 4.2–07–2013 / Сиб. федер. ун-т. – Красноярск, 2013. – 59 с.
10. ГОСТ Р 52748-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Ведомость отметок земли по оси дороги

Местоположение		Отметки земли, м	Вид точки
ПК	+		
0	00	198,01	Начало трассы
1	00	198,58	ПК1
2	00	198,16	ПК2
3	00	196,72	ПК3
4	00	196,23	ПК4
5	00	195,30	ПК5
6	00	193,40	ПК6
7	00	191,12	ПК7
8	00	189,02	ПК8
9	00	185,55	ПК9
10	00	185,23	ПК10
11	00	174,89	ПК11
12	00	169,09	ПК12
13	00	172,66	ПК13
14	00	175,20	ПК14
15	00	173,33	ПК15
16	00	167,90	ПК16
17	00	166,33	ПК17
18	00	161,29	ПК18
19	00	165,70	ПК19
20	00	167,08	ПК20
21	00	162,33	ПК21
22	00	165,62	ПК22
23	00	165,50	ПК23
24	00	163,27	ПК24
25	00	162,06	ПК25
26	00	159,06	ПК26
27	00	152,75	ПК27
28	00	145,87	ПК28

Окончание приложения А

29	00	138,32	ПК29
30	00	128,78	ПК30
31	00	123,81	ПК31
32	00	120,52	ПК32
33	00	123,79	ПК33
34	00	133,16	ПК34
35	00	143,83	ПК35
36	00	156,01	ПК36
37	00	164,83	ПК37
38	00	170,08	ПК38
39	00	175,45	ПК39
39	14	175,57	Конец трассы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Локальная смета №1

на устройство дорожной одежды участка автомобильной дороги протяженностью 3914 м в Ермаковском районе

Сметная стоимость, тыс. руб. 10449,75

Нормативная трудоемкость, тыс. чел.- ч 16,07

Сметная заработная плата, тыс. руб. 276,64

Составлена в ценах 2001 г. (руб)

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат	Ед. изм.	Количество, объем	Стоимость единицы, руб		Общая стоимость, руб			Трудоемкость, чел.ч	
					прямых затрат	эксплуатации машин	прямых затрат	оплаты труда	эксплуатации машин	на единицу	всего
оплаты труда		в т.ч. оплаты труда		строителей		машинистов					
1	2	3	3а	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27-04-003-02 К=2,08	Устройство нижнего слоя основания из ПГС толщиной 25см	1000 м ²	45,13	3036,76	2771,52	285061,88	22857,44	260163,69	25,74	2416,22
					243,50	278,36			26129,76	18,93	1776,82
	(408-9181)	ПГС оптимального гранулометрического состава	м ³	14268	164,11		2341570,71				
2	27-04-005-02 К=2,66	Устройство верхнего слоя основания из щебня черного толщиной 16 см	1000 м ²	33,34	51628,23	4164,11	4578618,60	53195,56	369291,60	55,66	4936,17
					599,83	355,83			31556,57	24,20	2145,85

Продолжение Приложения Б

3	27-06-020-06	Устройство нижнего слоя покрытия из горячей а/б смеси, пористый, крупнозернистый, толщиной 6 см	1000 м2	27,39	43598,95	3006,47	1194175,24	11612,81	82347,21	38,30	1049,04
					423,98	288,47			7901,19	19,62	537,28
4	27-06-021-06 К=2	Изменение толщины а/б покрытия на 0,5 см	1000 м2	27,39	5035,00	5,42	275817,30	54,78	296,91	0,09	4,93
					1,00				0,00	0,00	0,00
5	27-06-020-02	Устройство верхнего слоя покрытия толщиной 4 см из горячей а/б смеси, плотный, мелкозернистый	1000 м ²	27,39			1311474,56	11612,81	82309,69	38,30	1049,04
					47881,51	3005,10			7913,52	19,65	538,12
6		Итого прямых затрат					9986718,29	87720,60	794409,10		9455,40
									73501,05		4998,07

Окончание Приложения Б

7		Поправка к заработной плате, 60%					96732,99	52632,36	44100,63		
8		Итого прямых затрат с поправкой к заработной плате					10083451,28	140352,96	838509,73 117601,67		9455,40 4998,07
9	МДС 81-33.2004 Прил. 4 п. 21	Накладные расходы, 142%					366295,58				
		Сметная заработная плата рабочих, выполняющих работы, учитываемые накладными расходами, 5,1%						18681,07			
10		Нормативная трудоемкость рабочих, выполняющих работы, учитываемые накладными расходами, 0,0044									1611,70
11		Себестоимость СМР					10449746,85				
12	МДС 81-25.2001 Прил. 3 п. 21	Сметная прибыль, 95%									
13		Сметная стоимость					10449746,85				
14		Нормативная трудоемкость всего по смете									16065,17
15		Зарплата всего по смете						276635,71			

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Локальная смета №2

на устройство дорожной одежды участка автомобильной дороги протяженностью 3914 м в Ермаковском районе

Сметная стоимость, тыс. руб. 11592,87

Нормативная трудоемкость, тыс. чел.-ч 27,21

Сметная заработная плата, тыс. руб. 325,99

Составлена в ценах 2001 г. (руб)

№ п/ п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат	Ед. изм.	Колличес то, объем	Стоимость единицы, руб		Общая стоимость, руб			Трудоемкость, чел.ч				
					прямых затрат	эксплуатаци и машин	прямых затрат	оплаты труда	эксплуатаци и машин	на единицу	всего			
												оплаты труда	в т.ч. оплаты труда	строителей
										машинистов				
1	2	3	3а	4	5	6	7	8	9	10	11			
1	27-04-003-02 К=1,66	Устройство нижнего слоя основания из ПГС толщиной 20см	1000 м²	44,65	3036,7 6	2771,52	225081,61	18047,9 8	205422,29	25,74	1907,82			
					243,50	278,36			20631,76	18,93	1402,96			
	(408-9181)	ПГС оптимального гранулометрического состава	м³	11266	164,11		1848876,3 9							

Продолжение Приложения В

2	27-04-005-02	Устройство верхнего слоя основания из щебня фракции 40-80 толщиной 15 см	1000 м ²	4,27	31626,00	7017,39	135043,02	1282,88	29964,26	36,96	157,82
					300,44	748,34			3195,41	50,89	217,29
3	27-06-020-06	Устройство нижнего слоя покрытия из горячей а/б смеси, пористый, крупнозернистый, толщиной 7 см	1000 м ²	27,39	43598,95	3006,47	7165051,44	69676,87	494083,28	38,30	6294,22
					423,98	288,47			47407,16	19,62	3223,69
4	27-06-021-06 К=6	Изменение толщины а/б покрытия на 0,5 см	1000 м ²	27,39	5035,00 1,00	5,42	827451,90	164,34	890,72 0,00	0,09 0,00	14,79 0,00
5	27-06-020-02	Устройство верхнего слоя покрытия из горячей а/б смеси, плотный, мелкозернистый, толщиной 5 см	1000 м ²	27,39	47881,51	3005,10	1311474,56	11612,81	82309,69	38,30	1049,04
					423,98	288,92			7913,52	19,65	538,12
	27-06-021-02 К=2	Изменение толщины горячего а/б покрытия на 0,5 см	1000 м ²	27,39	5555,14	5,42	304310,57	54,78	296,91	0,09	4,93
					1,00				0,00	0,00	0,00
6		Итого прямых затрат					10989837,59	100839,66	812076,42		9966,74
									31740,70		15348,80

Окончание Приложения В

7		Поправка к заработной плате, 60%					171392,35	60503,80	110888,55		
8		Итого прямых затрат с поправкой к заработной плате					11161229,94	161343,46	922964,97 142629,25		9966,74 15348,80
9	МДС 81-33.2004 Прил. 4 п. 21	Накладные расходы, 142%					431641,24				
		Сметная заработная плата рабочих, выполняющих работы, учитываемые накладными расходами, 5,1%						22013,70			
10		Нормативная трудоемкость рабочих, выполняющих работы, учитываемые накладными расходами, 0,0044									1899,22
11		Себестоимость СМР					11592871,18				
12	МДС 81-25.2001 Прил. 3 п. 21	Сметная прибыль, 95%									
13		Сметная стоимость					11592871,18				
14		Нормативная трудоемкость всего по смете									27214,76
15		Зарплата всего по смете						325986,41			

ПЛАН ТРАССЫ
М 1:10000

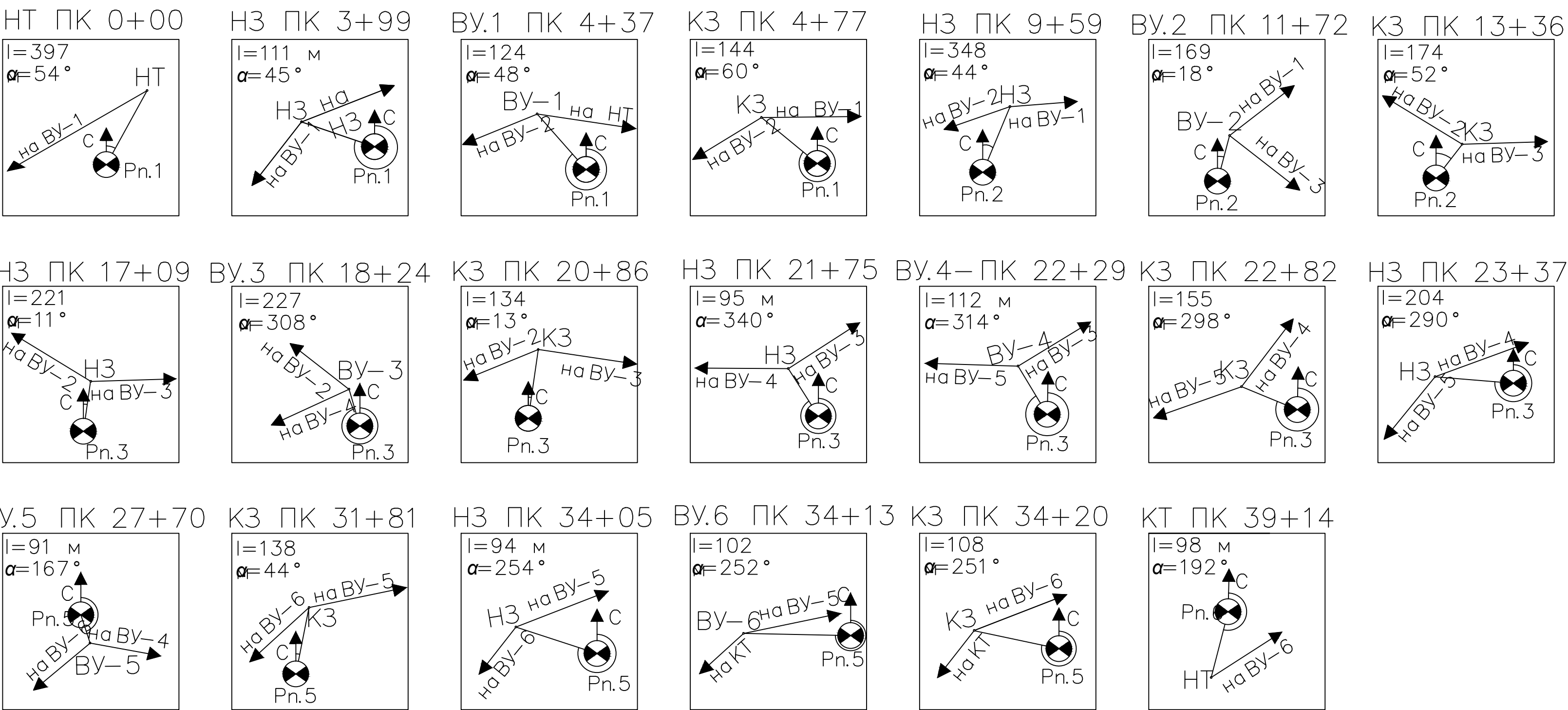
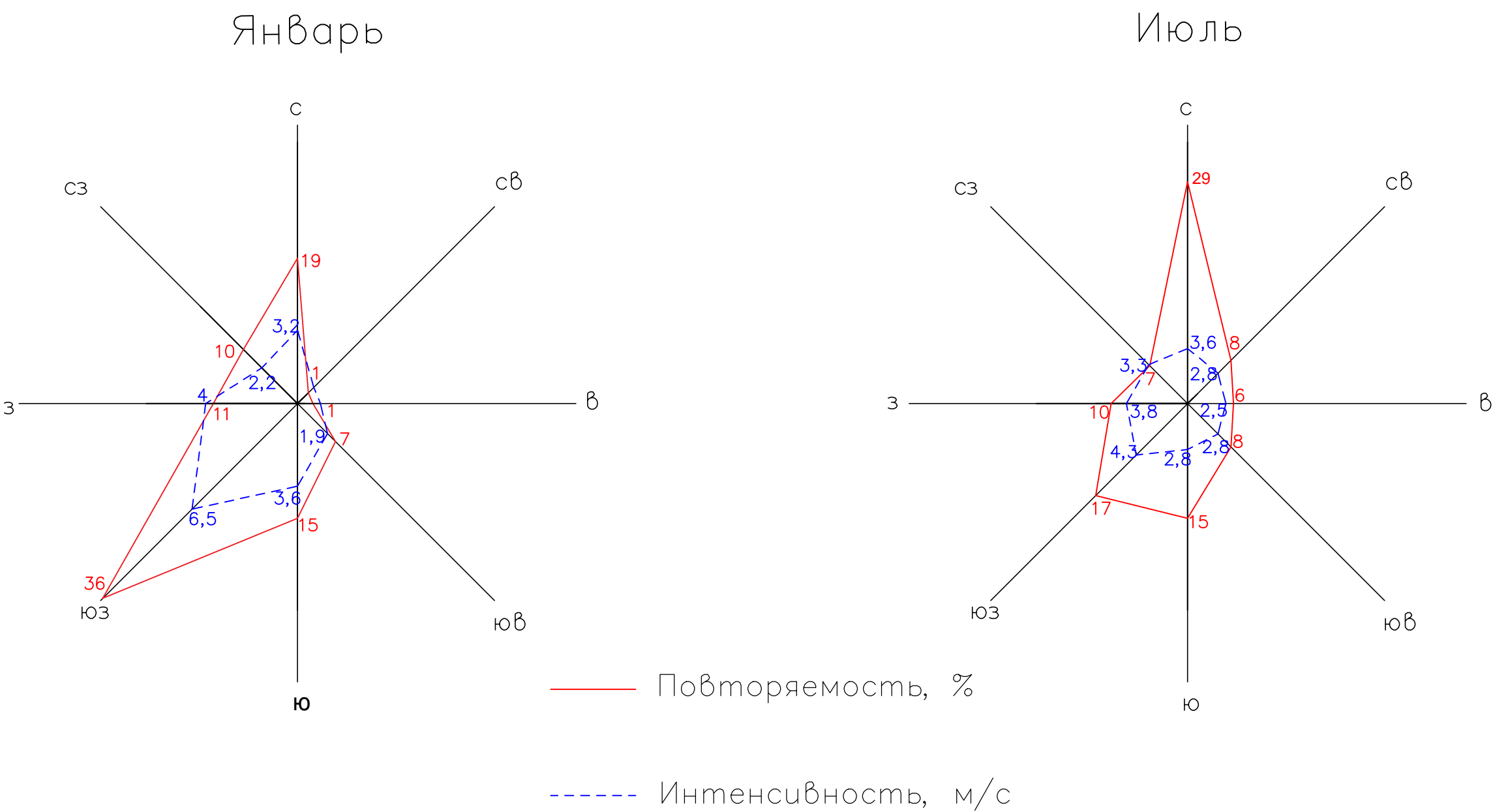
X:\Мой ДИПЛОМ\Торшин\Чертежи\ПЛАН8.jpg

ВЕДОМОСТЬ УГЛОВ ПОВОРОТА, ПРЯМЫХ И КРИВЫХ

Точка	Положение вершина угла			Величина угла поворота		Радиус, м	Элементы кривой, м						Положение переходных кривых								Расстояние между вершинами углов, м	Длина прямой, м
	КМ	ПК	+	влево	вправо		тангенс	тангенс	переходные кривые	круговая кривая	Биссектриса	начало		конец		конец		начало				
												ПК	+	ПК	+	ПК	+	ПК	+			
Нтр.	0	0	0,00																			
ВУ1	4	0	37,99	2'14'		2000	39.1	39.1	0.00	0.00	78.1	0.4	3	98.93	3	98.93	4	77.04	4	77.04	438.0	398.9
ВУ2	1	1	72.53	124'		50	214.4	107.4					9	58.16	9	58.16	13	36.46	13	36.46	734.5	481.1
ВУ3	1	8	24.43		134'	50	159.9	159.9					16	64.50	16	64.50	21	22.77	21	22.77	595.3	328.0
ВУ4	2	2	29.46		12'12'	500	53.4	53.4	100	100	106.5	2.8	21	76.01	21	76.01	22	82.49	22	82.49	266.6	53.2
ВУ5	2	7	70.83	32'12'		1500	433.0	433.0	0.00	0.00	843.1	61.3	23	37.80	23	37.80	31	80.94	31	80.94	541.8	55.3
ВУ6	3	4	13.30		0'25'	2000	7.5	7.5	0.00	0.00	14.9	0.0	34	5.84	34	5.84	34	20.76	34	20.76	665.4	224.9
Кпр.	3	9	14.18																		500.9	493.4

ПРИВЯЗКА ТРАССЫ

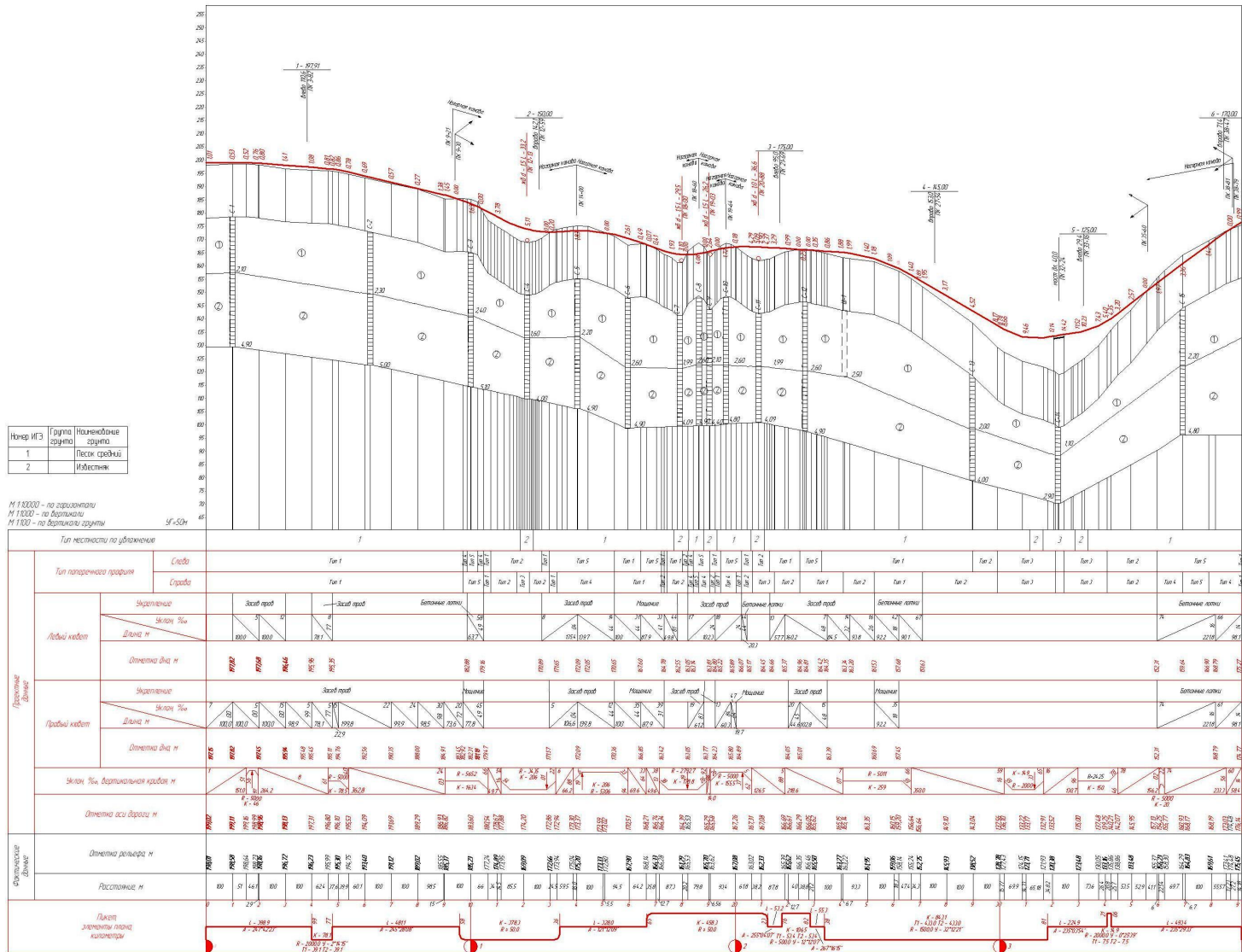
РОЗЫ ВЕТРОВ



							ВКР – 08.03.01.00.15–2016					
							ИСИ СФУ					
Изм.	Кол-во	Лист	№ док.	Подпись	Дата		Проектирование участка дороги в горных условиях			Стация	Лист	Листов
Разработал	Торшин										1	5
Проверил	Габриленко						План трассы			Кафедра АДУГС		
Заб. кафедрой	Серватинский											
Н.Контроль	Федорова											

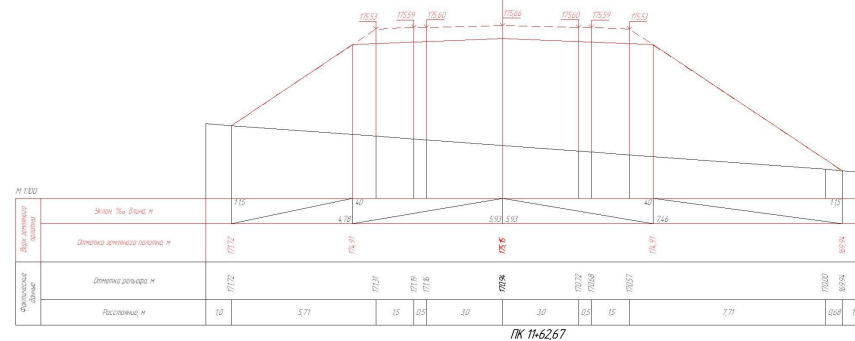
Номер ИГЭ	Группа грунта	Наименование грунта
1		Песок средний
2		Илистый

М 1 0000 - по горизонтали
М 1 000 - по вертикали
М 1 000 - по вертикали



ВКР - 06.03.01.00.15-2016					
ИМ СФД					
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Полн.	Дата
Разработчик	Тархан	Габриелюк			
Проверен					
Заб. кафедры	Сербатковский				
И.Куратор	Федорова				
Проектирование участка дороги в горных условиях			Стр. 2	Лист 5	
Проектный горный			Корректировка		

Тип 2. Насыпь высотой от 2 до 6 м без кюветов



ПК 11-62,67

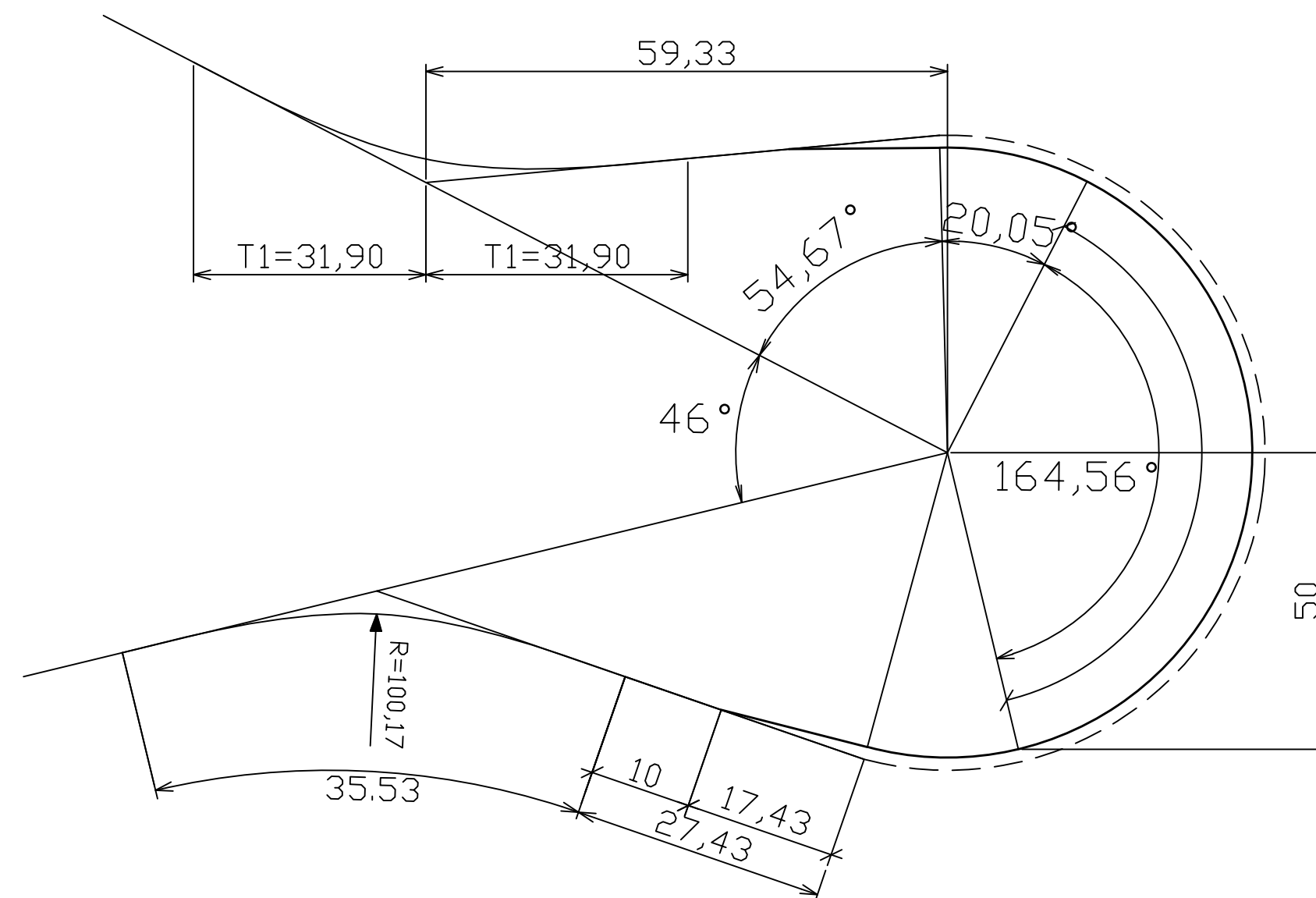


Тип 4. Выемка глубиной до 1 м



						ВР - 06.07.00.05-2016			
						УСД (Ф)			
Име	Катег	Алст	№ док	Подп	Дата	Прокладочные участки вкати в ленту глубина	Стекло	Алст	Алст
Прокладочные	Гориз							3	5
Глубина	Глубина								
ЗФ карт	Горизонтальный					Поперечные профили	Карта АМГС		
Норматив	Фабрика								

ЭЛЕМЕНТЫ СЕРПАНТИНЫ
М 1:1000



Экспликация дорожных знаков



1.12.1



1.12.2



1.31.1



1.31.2



3.24

1 Опасные повороты

2 Опасные повороты

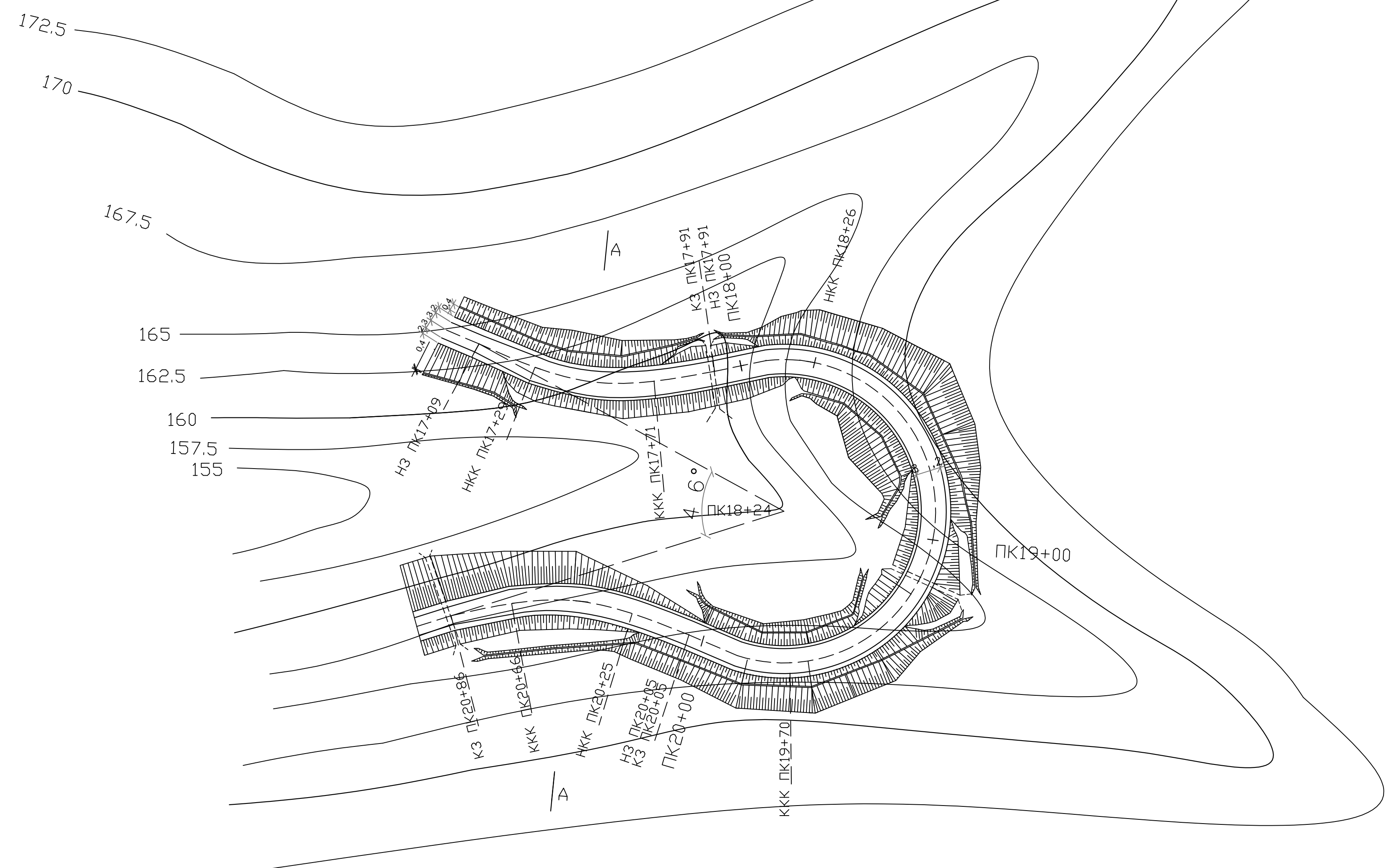
3 Направление поворота

4 Направление поворота

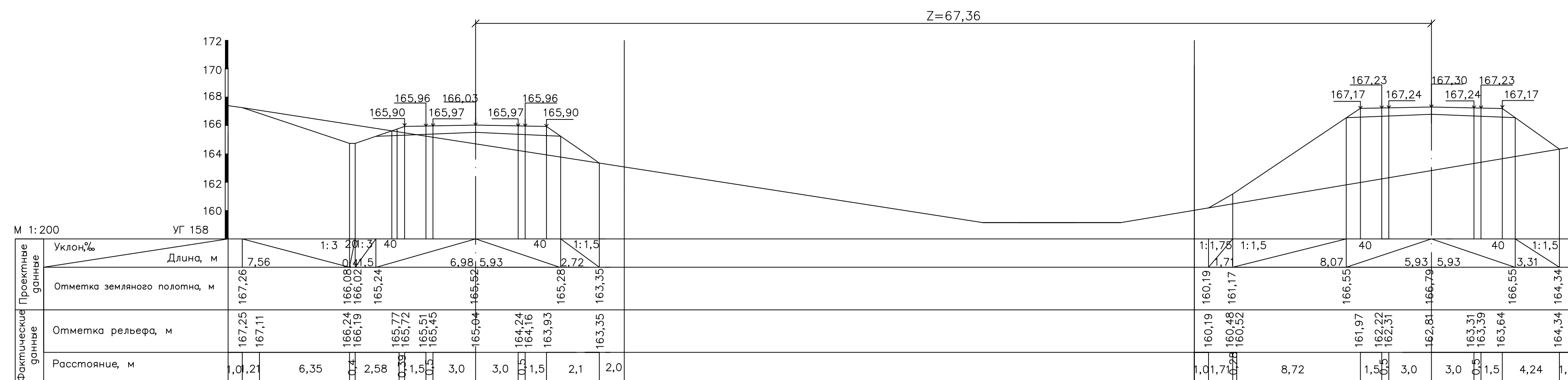
5 Ограничение максимальной скорости

№ Знака	ПК
1.12.1	16+58
1.12.2	21+38
1.31.1	18+40
1.31.2	19+62
3.24	17+71
3.24	20+25

ПЛАН СЕРПАНТИНЫ
М 1:1000



A — A
M 1:200



						ВКР – 08.03.01.00.15–2016			
						ИСИ САУ			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Проектирование участка дороги в горных условиях	Стадия	Лист	Листов
Разработана		Торшин						5	5
Проверил		Габриленко							
Зав. кафедрой		Серваткинский				Серпантова на ПК 18+24	Кафедра АДУС		
Н.Контроль		Федорова							